

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-123245

(P2003-123245A)

(43) 公開日 平成15年4月25日 (2003.4.25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 1 1 B	5/738	G 1 1 B 5/738	5 D 0 0 6
	5/65	5/65	5 D 1 1 2
	5/667	5/667	5 E 0 4 9
	5/84	5/84	Z
H 0 1 F	10/16	H 0 1 F 10/16	

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-224791(P2002-224791)

(22) 出願日 平成14年8月1日 (2002.8.1)

(31) 優先権主張番号 特願2001-234119(P2001-234119)

(32) 優先日 平成13年8月1日 (2001.8.1)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 清水 謙治

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電

工エイチ・ディー株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

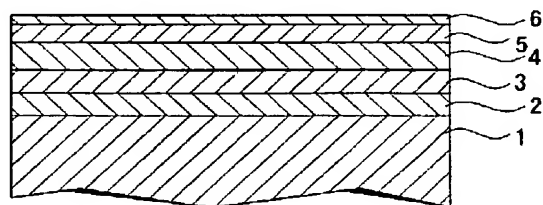
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置

## (57) 【要約】

【課題】 記録再生特性、熱揺らぎ特性に優れ、かつノイズ特性に優れた磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】 非磁性基板1上に、軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5とが設けられ、配向制御膜3がh c p構造を有し、かつ(0002)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3～10度とされ、配向制御膜3の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ と垂直磁性膜4の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )が、1～8度とされている。



- 1 : 非磁性基板
- 2 : 軟磁性下地膜
- 3 : 配向制御膜
- 4 : 垂直磁性膜
- 5 : 保護膜
- 6 : 潤滑膜

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、

配向制御膜は、hcp構造を有し、かつ(0002)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3～10度とされており、配向制御膜の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ と、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )が、1～8度とされていることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 配向制御膜は、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Coのうちから選ばれる1種または2種以上を50at%以上含有するものであることを特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 配向制御膜は、V、Cr、Mn、Fe、Co、Niのうちから選ばれる1種または2種以上を含有するものであることを特徴とする請求項2記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 配向制御膜は、B、C、N、O、Pのうちから選ばれる1種または2種以上を含有するものであることを特徴とする請求項2または3記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 配向制御膜は、AgGe系合金、CuGe系合金、RuNb系合金のうちいずれかからなることを特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 配向制御膜と垂直磁性膜の間に、非磁性中間膜が設けられ、この非磁性中間膜は、Coを40～70at%含む材料からなるものであることを特徴とする請求項1～5のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 配向制御膜は、グラニュー構造を有し、かつ平均結晶粒径が4～20nmであることを特徴とする請求項1～6のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項8】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、

配向制御膜は、fcc構造を有し、かつ(111)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3～10度とされており、配向制御膜の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ と、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )が、1～8度とされていることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項9】 配向制御膜は、Ni、Cu、Pd、Ag、Pt、Ir、Au、Alのうちから選ばれる1種または2種以上を50at%以上含有するものであることを特徴とする請求項8記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 配向制御膜は、B、C、N、O、P、Cr、Siのうちから選ばれる1種または2種以上を含有するものであることを特徴とする請求項9記載の磁気

記録媒体。

【請求項11】 垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界( $-H_n$ )が0(Oe)以上であることを特徴とする請求項1～10のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項12】 軟磁性下地膜と配向制御膜との間に、配向制御下地膜が設けられていることを特徴とする請求項1～11のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項13】 配向制御下地膜は、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Hfのうち1種または2種以上を主成分とする材料からなるものであることを特徴とする請求項12記載の磁気記録媒体。

【請求項14】 配向制御下地膜は、B2構造を有する材料からなるものであることを特徴とする請求項12または13記載の磁気記録媒体。

【請求項15】 非磁性基板と軟磁性下地膜との間に、面内磁気異方性を有する硬磁性材料からなる面内硬磁性膜が設けられていることを特徴とする請求項1～14のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項16】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設ける磁気記録媒体の製造方法であって、

配向制御膜を、hcp構造またはfcc構造を有し、かつ(0002)配向面または(111)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3～10度とされ、配向制御膜の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ と、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )が、1～8度とされたものとすることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項17】 磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備え、

磁気記録媒体は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、配向制御膜が、hcp構造またはfcc構造を有し、かつ(0002)配向面または(111)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3～10度とされており、配向制御膜の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ と、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )が、1～8度とされていることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体、その製造方法、およびこの磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し平行に配向した面内磁気記録媒体が広く用いられている。面内磁気記録媒体では、記録密度を高めた際

に、記録ビット境界での反磁界の影響により媒体ノイズが増加することがある。これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し垂直に配向した垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した場合でも、ビット境界での反磁界の影響が小さく、境界が鮮明な記録磁区が形成されるため、熱揺らぎ特性およびノイズ特性を高めることができることから、大きな注目を集めている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年では、磁気記録媒体のさらなる高記録密度化が要望されており、垂直磁性膜に対する書込能力に優れた単磁極ヘッドを用いるために、記録層である垂直磁性膜と基板との間に、裏打ち層と称される軟磁性材料からなる層を設け、単磁極ヘッドと磁気記録媒体との間の磁束の出入りの効率を向上させた磁気記録媒体が提案されている。しかしながら、裏打ち層を設けた場合でも、記録再生時の記録再生特性や、耐熱減磁耐性、記録分解能において満足できるものではなく、これらの特性に優れた磁気記録媒体が要望されていた。特許第2769511号公報には、結晶配向促進層のc軸の配向分散角 $\Delta\theta 50$ を7度以下とすることが提案されている。また、特開平6-76260号公報には、fcc構造のc軸の配向分散角 $\Delta\theta 50$ を10度以下とすることが提案されている。しかしながら、結晶配向促進層の配向分散を所定の角度以下にしただけでは、垂直磁性膜の特性改善には不十分である。結晶配向促進層と垂直磁性膜の界面での垂直磁性膜の初期成長を考えると、結晶配向促進層と垂直磁性膜の配向の差が小さい場合には、磁性膜の結晶粒径が大きくなるおそれがある。逆に配向の差が大きすぎる場合には、垂直磁性膜の初期成長部分が厚くなり、記録再生特性、熱揺らぎ耐性が悪化する。結晶配向促進層と垂直磁性膜の配向分散を適切な値とすることにより、垂直磁性膜成長時の核発生を促し、結晶粒を微細化するとともに、初期成長部分の厚さを抑え、熱揺らぎ耐性の悪化を防ぐことが可能となる。本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、記録再生特性、耐熱減磁耐性を向上させ高密度の記録再生を可能とする磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気記録媒体では、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、配向制御膜が、hcp構造を有し、かつ(0002)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3~10度とされており、配向制御膜の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ と、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )が、1~8度とされていることを特徴とする。配向制御膜は、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Coのうちから選ばれる1種または2種以上を5

0at%以上含有する構成とすることができる。配向制御膜は、V、Cr、Mn、Fe、Co、Niのうちから選ばれる1種または2種以上を含有する構成とすることができる。配向制御膜は、B、C、N、O、Pのうちから選ばれる1種または2種以上を含有する構成とすることができる。配向制御膜は、AgGe系合金、CuGe系合金、RuNb系合金のうちいずれかからなる構成とすることができる。本発明では、配向制御膜と垂直磁性膜の間に、非磁性中間膜が設けられ、この非磁性中間膜が、Coを40~70at%含む材料からなる構成を採用できる。配向制御膜は、グラニューラ構造を有し、かつ平均結晶粒径が4~20nmである構成とすることができる。

【0005】本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、配向制御膜が、fcc構造を有し、かつ(111)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3~10度とされており、配向制御膜の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ と、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )が、1~8度とされた構成とすることができる。配向制御膜は、Ni、Cu、Pd、Ag、Pt、Ir、Au、Alのうちから選ばれる1種または2種以上を50at%以上含有する構成とすることができる。配向制御膜は、B、C、N、O、P、Cr、Siのうちから選ばれる1種または2種以上を含有する構成とすることができる。垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界(-Hn)は、0(Oe)以上であることが好ましい。

【0006】本発明の磁気記録媒体は、軟磁性下地膜と配向制御膜との間に、配向制御下地膜が設けられている構成とすることができる。配向制御下地膜は、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Hfのうち1種または2種以上を主成分とする材料で構成することができる。配向制御下地膜は、B2構造を有する材料で構成することができる。本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板と軟磁性下地膜との間に、面内磁気異方性を有する硬磁性材料からなる面内硬磁性膜が設けられている構成とすることができる。

【0007】本発明の磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設ける磁気記録媒体の製造方法であって、配向制御膜を、hcp構造またはfcc構造を有し、かつ(0002)配向面または(111)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3~10度とされ、配向制御膜の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ と、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )が、1~8度とされたものとする特徴とする。

【0008】本発明の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備え、磁気記録媒体が、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、配向制御膜が、hcp構造またはfcc構造を有し、かつ(0002)配向面または(111)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3〜10度とされており、配向制御膜の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ と、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )が、1〜8度とされていることを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の磁気記録媒体の第1実施形態を示すもので、ここに示す磁気記録媒体は、非磁性基板1上に、軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5と、潤滑膜6とが設けられて構成されている。基板1としては、磁気記録媒体用基板として一般に用いられているNiPメッキ膜を有するアルミニウム合金基板、ガラス基板(結晶化ガラス、強化ガラス等)、セラミックス基板、カーボン基板、シリコン基板、シリコンカーバイド基板を挙げることができる。またこれらの基板にNiP膜をメッキ法やスパッタ法などにより形成した基板を挙げることができる。基板1の表面の平均粗さRaは、0.01〜2nm(好ましくは0.05〜1.5nm)とするのが好適である。表面平均粗さRaがこの範囲未満であると、媒体への磁気ヘッドの吸着や、記録再生時の磁気ヘッド振動が起りやすくなる。また表面平均粗さRaがこの範囲を越えるとグライド特性が不十分となりやすい。

【0010】軟磁性下地膜2は、垂直磁性膜4における磁化を、より強固に基板1と垂直な方向に固定するために設けられているものである。軟磁性下地膜2を構成する軟磁性材料としては、Feを60at%以上含有するFe合金を用いることができる。この材料としては、FeCo系合金(FeCo、FeCoVなど)、FeNi系合金(FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど)、FeAl系合金(FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRuなど)、FeCr系合金(FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど)、FeTa系合金(FeTa、FeTaCなど)、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金を挙げることができる。軟磁性下地膜2は、FeAlO、FeMgO、FeTaN、FeZrNなどの微細結晶を有する構造とすることができる。また微細結晶がマトリクス中に分散されたグラニューラー構造を有する構成とすることもできる。軟磁性下地膜2には、Coを80at%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種以上を含有するCo合金を用いることが

できる。例えば、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMoなどを好適なものとして挙げることができる。また、軟磁性下地膜2は、アモルファス構造を有する合金からなるものとするのもできる。

【0011】軟磁性下地膜2は、その飽和磁束密度Bsが0.8T以上であることが好ましい。飽和磁束密度Bsが0.8Tより小さい場合には、再生波形の制御が難しくなり、ノイズが増加する。また膜を厚く形成する必要が生じ、生産性の低下を招くおそれがある。軟磁性下地膜2の保磁力は、200(Oe)( $15.8 \times 10^3 \text{ A/m}$ )以下とするのが好ましい。保磁力が上記範囲を越えると、ノイズ増加の原因となる。

【0012】軟磁性下地膜2の厚さは、軟磁性下地膜2を構成する材料の飽和磁束密度Bsによって適宜設定される。すなわち、軟磁性下地膜2を構成する材料の飽和磁束密度Bsと、軟磁性下地膜2の膜厚tの積であるBs・tが、30T・nm以上(好ましくは60T・nm以上)であることが望ましい。

【0013】軟磁性下地膜2の表面(配向制御膜3側の面)は、軟磁性下地膜2を構成する材料が部分的または完全に酸化されていることが好ましい。この酸化部分(酸化層)の厚さは0.1nm以上3nm未満とするのが好ましい。軟磁性下地膜2が酸化された状態はオージェ電子分光法、SIMS法などにより確認することができる。また軟磁性下地膜2表面の酸化部分(酸化層)の厚さは、例えば媒体断面の透過型電子顕微鏡(TEM)写真により求めることができる。

【0014】配向制御膜3は、直上に位置する垂直磁性膜4の配向性や結晶粒径を制御するために設けられた膜である。本実施形態の磁気記録媒体において、配向制御膜3は、hcp構造を有する材料から構成されている。配向制御膜3の材料としては、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Coのうちから選ばれる1種または2種以上を50at%以上含有する材料を用いるのが好ましい。なかでも特に、RuとReのうち少なくともいずれかを用いるのが好ましい。

【0015】この材料としては、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Coのうちから選ばれる1種または2種以上を50at%以上含有し、かつV、Cr、Mn、Fe、Co、Niのうちから選ばれる1種または2種以上を含むものを用いることもできる。具体例としては、RuCr、RuCo、ReV、ZrNi、RuCrMnを挙げることができる。配向制御膜3中において、V、Cr、Mn、Fe、Co、Niの含有量は、0.1at%以上、50at%未満とするのが好ましい。

【0016】配向制御膜3の材料としては、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Coのうちから選ばれる1種または2種以上を50at%以上含有

し、かつB、C、N、O、Pのうちから選ばれる1種または2種以上を含有するものを用いることもできる。具体例としては、RuB、RuC、ZrN、ReBOを挙げることができる。配向制御膜3中において、B、C、N、O、Pの含有量は、0.1at%以上、50at%未満とするのが好ましい。

【0017】配向制御膜3には、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Coのうちから選ばれる1種または2種以上を50at%以上含有し、かつSi酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物のうちから選ばれる1種または2種以上を含む合金を用いることもできる。具体例としては、Ru-SiO<sub>2</sub>、Ru-ZrO<sub>2</sub>、Re-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を挙げることができる。配向制御膜3中において、上記酸化物（Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物のうち1種以上）の含有率は、0.1~40at%とするのが好適である。

【0018】配向制御膜3は、AgGe系合金、CuGe系合金、RuNb系合金のうちいずれかからなる構成とすることもできる。例えば、25Ag75Ge、50Cu50Ge、75Ru25Nbなどのhcp構造の金属間化合物材料が使用できる。

【0019】配向制御膜3は、微細な結晶粒がマトリクス中に分散されたグラニューラ構造を有する構成とすることもできる。この結晶粒の平均粒径は、4~20nmとするのが好ましい。この平均結晶粒径が上記範囲未満であると熱揺らぎ特性が低下し、上記範囲を越えるとノイズ特性が劣化する。なお熱揺らぎ特性とは、熱揺らぎによる出力低下に関する性質をいう。

【0020】本実施形態の磁気記録媒体において、配向制御膜3の（0002）配向面の $\Delta\theta_{50}$ は、3~10度（好ましくは4~8度）の範囲とされている。配向制御膜3の $\Delta\theta_{50}$ は、上記範囲未満であると記録再生特性が劣化し、上記範囲を越えると熱揺らぎ特性が劣化する。ここでいう $\Delta\theta_{50}$ とは、当該膜の結晶面の傾き分布を示すものであり、具体的には、配向制御膜3の表面における特定の配向面に関するロッキング曲線のピークの半値幅をいう。 $\Delta\theta_{50}$ は、数値が小さいほど当該膜の結晶配向性が高いということができる。

【0021】以下、配向制御膜3表面の配向面（0002）に関する $\Delta\theta_{50}$ を測定する方法の一例を説明する。

#### （1）ピーク位置決定

図2に示すように、表面側に配向制御膜3が形成されたディスクDに、入射X線21を照射し、回折X線22を回折X線検出器23によって検出する。検出器23の位置は、この検出器23によって検出される回折X線22の入射X線21に対する角度（入射X線21の延長線24に対する回折X線22の角度）が、ディスクD表面に対する入射X線21の入射角 $\theta$ の2倍、すなわち $2\theta$ となるように設定する。入射X線21を照射する際には、ディスクDの向きを変化させることにより入射X線21

の入射角 $\theta$ を変化させるとともに、これに連動させて、検出器23の位置を、入射X線21に対する回折X線22の角度が $2\theta$ （すなわち入射X線21の入射角 $\theta$ の2倍の角度）を維持するように変化させつつ、回折X線22の強度を検出器23により測定する $\theta-2\theta$ スキャン法を行う。これによって、回折X線22の強度と入射角 $\theta$ との関係を調べ、回折X線22の強度が最大となるような検出器23の位置を決定する。この検出器位置における回折X線22の入射X線21に対する角度 $2\theta$ を、 $2\theta_p$ という。得られた角度 $2\theta_p$ より、配向制御膜3表面において支配的な結晶面を知ることができる。

#### 【0022】（2）ロッキング曲線の決定

図3に示すように、検出器23を、回折X線22の角度 $2\theta$ が $2\theta_p$ となった位置に固定した状態で、ディスクDの向きを変化させることにより入射X線21の入射角 $\theta$ を変化させ、入射角 $\theta$ と、検出器23によって検出された回折X線22の強度との関係を示すロッキング曲線を作成する。検出器23の位置を、回折X線22の角度 $2\theta$ が $2\theta_p$ となった位置に固定するため、ロッキング曲線は、配向制御膜3表面の結晶面のディスクD面に対する傾きの分布を表すものとなる。図4は、ロッキング曲線の例を示すものである。 $\Delta\theta_{50}$ とは、このロッキング曲線において当該配向面を示すピークの半値幅をいう。

【0023】配向制御膜3の厚さは50nm以下（好ましくは30nm以下）とするのが好適である。この膜厚が上記範囲を越えると、配向制御膜3内で結晶粒の粒径が大きくなり、垂直磁性膜4における磁性粒子が粗大化しやすくなる。また記録再生時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなり、再生信号の分解能が低下し、ノイズ特性が劣化するため好ましくない。配向制御膜3は、薄すぎれば垂直磁性膜4の結晶配向性が劣化するため、厚さが0.1nm以上となるように形成するのが好ましい。

【0024】垂直磁性膜4は磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した磁性膜であり、この垂直磁性膜4には、Co合金を用いることが好ましい。Co合金としては、CoCrPt合金、CoPt合金を例示できる。またこれらの合金にTa、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、V、Ni、Mn、Ge、Si、B、O、Nなどから選ばれる少なくとも1種の元素を添加した合金を用いることができる。垂直磁性膜4は、厚さ方向に均一な単層構造とすることもできるし、遷移金属（Co、Co合金）からなる層と貴金属（Pt、Pd等）からなる層とを積層した多層構造とすることもできる。遷移金属層には、Coを用いることもできるし、CoCrPt系合金、CoPt系合金等のCo合金を用いることもできる。

【0025】垂直磁性膜4の厚さは、目的とする再生出力によって適宜最適化すればよいが、単層構造型と多層

構造型とのいずれの場合においても、厚すぎる場合には、ノイズ特性の悪化や分解能の低下等の問題が起りやすいため、厚さを100nm以下（好ましくは8～100nm）とするのが好適である。

【0026】垂直磁性膜4の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ と配向制御膜3の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ との差（ $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ ）は、1～8度（好ましくは2～6度）とされている。 $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ が上記範囲未満であると、ノイズ特性が悪化し、上記範囲を越えると、熱揺らぎ特性が劣化する。垂直磁性膜4の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ とは、（0002）配向面の $\Delta\theta 50$ をいう。

【0027】垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）は、0（Oe）以上とするのが好ましい。この逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）が上記範囲未満であると、熱揺らぎ耐性が低下する。図5に示すように、逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）とは、履歴曲線（MH曲線）において、磁化が飽和した状態（符号c）から外部磁場を減少させる過程で、外部磁場が0となる点aから、磁化反転が始まる点bまでの距離（Oe）で表すことができる。逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）は、次のように定義することもできる。すなわちMH曲線において、外部磁場を減少させる過程で磁化が0となる点dでの接線と、飽和磁化を示す直線との交点をbとすると、逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）は、Y軸（M軸）から点bまでの距離（Oe）で表すことができる。なお、逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）は、外部磁場が負となる領域に点bがある場合に正の値をとり（図5を参照）、逆に、外部磁場が正となる領域に点bがある場合に負の値をとる（図6を参照）。逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）の測定には、軟磁性下地膜2の影響を除くため、基板1、配向制御膜3、垂直磁性膜4、保護膜5のみからなるディスクを用い、このディスクについて振動式磁気特性測定装置またはカー効果測定装置を用いて測定を行うのが好適である。また磁気記録媒体をそのまま用いて、振動式磁気特性測定装置またはカー効果測定装置により逆磁区核形成磁界（ $-H_n$ ）を測定することもできる。

【0028】保護膜5は、垂直磁性膜4の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぎ、かつ磁気ヘッドと媒体の間の潤滑特性を確保するためのもので、従来公知の材料を使用することが可能である。例えばC、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ の単一組成とすることもできるし、これらを主成分とし他元素を含む材料を使用することもできる。保護膜5の厚さは、1～10nmの範囲とするのが好ましい。

【0029】潤滑膜6には、パーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸など公知の潤滑剤を使用することができる。その種類および膜厚は、使用される保護膜と潤滑剤の特性に応じて適宜設定することができる。

【0030】上記構成の磁気記録媒体を製造するには、

図1に示す基板1上に、スパッタ法などにより軟磁性下地膜2を形成し、次いで、必要に応じてこの軟磁性下地膜2の表面に酸化処理を施し、次いで配向制御膜3、垂直磁性膜4を順次スパッタ法などにより形成する。

【0031】軟磁性下地膜2の表面に酸化処理を施す場合には、軟磁性下地膜2を形成した後、軟磁性下地膜2を酸素含有ガスに曝す方法や、軟磁性下地膜2の表面に近い部分を成膜する際にプロセスガス中に酸素を導入する方法を採ることができる。この軟磁性下地膜2の表面酸化によって、軟磁性下地膜2の表面の磁気的な揺らぎを抑え、かつ配向制御膜3の結晶粒を微細化してノイズ特性の改善効果を得ることができる。また軟磁性下地膜2表面の酸化部分（酸化層）によって、軟磁性下地膜2からの腐食性物質が媒体表面に移動するのを抑え、媒体表面の腐食の発生を防ぐことができる。

【0032】配向制御膜3を形成するにあたって、 $\Delta\theta 50$ を上記範囲（3～10度）に設定するには、例えばスパッタ法により配向制御膜3を形成する際の温度、プロセスガス圧力、成膜レート、ターゲットー基板間距離等を最適化する方法をとることができる。例えば、 $\Delta\theta 50$ を上記範囲にするには、配向制御膜3を形成する際の温度条件を100～300℃とするのが好ましい。またプロセスガスの圧力は0.3～20Paとするのが好ましい。また成膜レートは1～10nm/secとするのが好ましい。またターゲットー基板間距離は20～150mmとするのが好ましい。温度、プロセスガス圧力、成膜レート、ターゲットー基板間距離などの条件が上記範囲未満または上記範囲を越える場合には、 $\Delta\theta 50$ が過小または過大となり、ノイズ特性、記録再生特性、熱揺らぎ特性などが劣化しやすくなる。

【0033】垂直磁性膜4を、単層構造（厚さ方向に均一な構造）とする場合には、この垂直磁性膜4を構成する材料からなるターゲットを用いて垂直磁性膜4を形成することができる。垂直磁性膜4を、遷移金属層と貴金属層からなる多層構造とする場合には、遷移金属（Co、Co合金）からなる第1のターゲットと、貴金属（Pt、Pd等）からなる第2のターゲットを交互に用いてスパッタリングを行うことにより垂直磁性膜4を構成する。

【0034】保護膜5の形成方法としては、カーボンターゲットを用いたスパッタ法を用いることができる。またCVD法、イオンビーム法を用いることもできる。また、 $\text{SiO}_2$ や $\text{ZrO}_2$ のターゲットを用いたRFスパッタ、あるいはSiやZrのターゲットを用い、プロセスガスとして酸素を含むガスを用いる反応性スパッタによって、 $\text{SiO}_2$ や $\text{ZrO}_2$ からなる保護膜5を形成する方法などを適用することができる。CVD法、イオンビーム法を用いる場合には、極めて硬度の高い保護膜5を形成することができ、スパッタ法により形成された保護膜に比べ、大幅に薄くすることが可能となるため、記



録再生時のスペーシングロス小さくし、高密度の記録再生を行うことができる。次いで、ディップコーティング法、スピコート法などにより潤滑膜6を形成する。

【0035】本実施形態の磁気記録媒体では、配向制御膜3がh c p構造を有し、かつ(0002)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3～10度とされ、垂直磁性膜4の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ と配向制御膜3の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ ) (以下、 $\Delta\theta 50$ 差という)を、1～8度とされているので、ノイズ特性、記録再生特性等を高め、しかも優れた熱揺らぎ特性が得られる。したがって、高記録密度化が可能となる。

【0036】配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ を上記範囲とすることによって、優れた磁気特性が得られる理由について、以下に考察する。本発明者は、鋭意検討の結果、配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ が、垂直磁性膜4における磁気クラスター径に大きな影響を及ぼすことを見出した。すなわち、配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ が小さ過ぎる場合には、垂直磁性膜4において磁化の向きが均一となり磁性粒子間の磁気的結合が大きくなる。その結果、磁性粒子径に関わりなく、磁気クラスター径が大きくなり、媒体ノイズが増加し、記録再生特性が劣化する。一方、配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ が大き過ぎる場合には、垂直磁性膜4において結晶配向性が劣化するため、磁気異方性の低下や角型比の劣化が起き、熱揺らぎ特性が悪化する。これに対し、配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ を3～10度に設定した場合には、垂直磁性膜4の配向性を良好にして熱揺らぎ特性を良好とし、しかも磁化容易軸の方向をある程度不均一化し、磁化の相互作用を抑え、優れたノイズ特性、記録再生特性を得ることができる。

【0037】また $\Delta\theta 50$ 差を、1～8度とすることによって、優れた磁気特性が得られる理由は明らかでないが、以下に示す推察が可能である。配向制御膜3の材料の結晶の構成(結晶構造や格子定数)と、垂直磁性膜4の材料の結晶の構成とが等しいか、または似通っている場合には、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間の $\Delta\theta 50$ 差が小さくなる。このような場合には、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間で原子の配列状態に大きな違いがないため、これらの界面において結晶粒界形成の契機となり得る箇所が少なくなると考えられる。このため、垂直磁性膜4の成長初期において結晶粒界が形成されにくくなり、その結果、垂直磁性膜4において結晶粒が不均一かつ粗大となり、ノイズ特性が劣化すると考えられる。一方、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間で、材料の結晶の構成(結晶構造や格子定数)が大きく異なっている場合には、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間の $\Delta\theta 50$ 差が非常に大きくなる。この場合には、垂直磁性膜4の初期成長時において結晶構造が乱れることを原因として、配向性が著しく劣る結晶が形成されてしまい、保磁力低下による出力特性の悪化や、分解能低下による記録再生特性の劣化などが起こりやすくなる。これに対し、

配向制御膜3の材料の結晶の構成(結晶構造や格子定数)と、垂直磁性膜4の材料の結晶の構成とが異なるものの、その差がわずかである場合、すなわち垂直磁性膜4の結晶配向が配向制御膜3に比べ、わずかに( $\Delta\theta 50$ 差が1～8度となる程度に)不均一となる場合には、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間での原子の配列状態が異なるため、これらの界面において結晶粒界形成の契機となり得る箇所が多くなると考えられる。このため、垂直磁性膜4の成長初期において結晶粒界の形成が促され、その結果、垂直磁性膜4において結晶粒が均一かつ微細となり、ノイズ特性が良好となる。さらには、垂直磁性膜4の初期成長時において結晶配向の乱れを最小限に抑え、熱揺らぎ特性の悪化を防ぐことができる。以上の理由により、 $\Delta\theta 50$ 差を上記範囲とすることによって、ノイズ特性や記録再生特性を劣化させることなく、熱揺らぎ特性を向上させることができるという推察が可能である。

【0038】また軟磁性下地膜2が設けられているので、記録再生時において、磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との間に磁路が形成され、磁気ヘッドにおける磁束の出入りが効率化される。このため、高密度の記録再生が可能となる。

【0039】また、上記磁気記録媒体の製造方法によれば、配向制御膜3を、h c p構造を有し、かつ(0002)配向面の $\Delta\theta 50$ が3～10度であり、 $\Delta\theta 50$ 差が1～8度であるものとするので、ノイズ特性、記録再生特性等を悪化させることなく、優れた熱揺らぎ特性を得ることができる。したがって、高記録密度化が可能となる。

【0040】次に、本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態を、図1を利用して説明する。本実施形態の磁気記録媒体では、配向制御膜3がf c c構造を有する材料から構成されている。f c c構造を有する配向制御膜3の材料としては、Ni、Cu、Pd、Ag、Pt、Ir、Au、Alのうちから選ばれる1種または2種以上を50at%以上含有する材料を用いるのが好ましい。この材料の具体例としては、NiCr、Ni、Au-SiO<sub>2</sub>、Cu、PdB、を挙げることができる。配向制御膜3は、Ni、Cu、Pd、Ag、Pt、Ir、Au、Alのうちから選ばれる1種または2種以上を50at%以上含有し、かつB、C、N、O、P、Cr、Siのうちから選ばれる1種または2種以上を含有する構成とすることもできる。

【0041】配向制御膜3は、(111)配向面の $\Delta\theta 50$ が、3～10度とされている。配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ は、上記範囲未満であると、磁化反転が起こりやすくなり熱揺らぎ特性が劣化する。また $\Delta\theta 50$ が上記範囲を越えると、出力特性やノイズ特性の劣化を招く。

【0042】垂直磁性膜4の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ と配向制御膜3の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )

( $\Delta\theta$  50差)は、1~8度(好ましくは2~6度)とされている。 $\Delta\theta$  50(mag)- $\Delta\theta$  50(ori)が上記範囲未満であると、ノイズ特性が悪化し、上記範囲を越えると、熱揺らぎ特性が劣化する。また垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界(-Hn)は、0(Oe)以上とするのが好ましい。逆磁区核形成磁界(-Hn)が上記範囲未満であると、熱揺らぎ耐性が低下する。

【0043】本実施形態の磁気記録媒体では、配向制御膜3がfcc構造を有し、かつ(111)配向面の $\Delta\theta$  50が3~10度とされ、 $\Delta\theta$  50差が1~8度とされているので、上述の通り、磁気特性(出力特性、ノイズ特性、記録再生特性など)の向上を図り、しかも熱揺らぎ特性の劣化を防ぐことができる。したがって、高記録密度化が可能となる。

【0044】図7は、本発明の磁気記録媒体の第3の実施形態を示すものである。この磁気記録媒体では、軟磁性下地膜2と配向制御膜3との間に、配向制御下地膜7が設けられている点で、上記第1の実施形態の磁気記録媒体と異なる。配向制御下地膜7には、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Hfのうち1種または2種以上を主成分とする材料を用いることができる。また、配向制御下地膜7の材料としては、B2構造を有する材料を用いることもできる。B2構造を有する材料としては、NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTiのうち1種または2種以上の合金を主成分とするものが使用できる。また、この合金にCr、Mo、Si、Mn、W、Nb、Ti、Zr、B、O、N等の元素を添加した材料を用いることもできる。配向制御下地膜7の厚さは、30nm以下とするのが好ましい。この厚さが上記範囲を越えると、垂直磁性膜4と軟磁性下地膜2との距離が大きくなるため分解能およびノイズ特性が劣化する。配向制御下地膜7の厚さは、0.1nm以上とするのが好ましい。

【0045】図8は、本発明の磁気記録媒体の第4の実施形態を示すものである。この磁気記録媒体では、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間に、非磁性材料からなる非磁性中間膜8が設けられている点で、上記第1の実施形態の磁気記録媒体と異なる。非磁性中間膜8には、Co合金を用いることができる。このCo合金としては、CoCrを用いることができる。またTa、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれる1種または2種以上の元素をCoCrに添加した合金を用いることができる。またTa、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれる1種または2種以上の元素と、Coとを含む非磁性のCo合金を用いることもできる。Co合金中のCo含有率は、40~70at%とするのが好ましい。この含有率が上記範囲未満であると、垂直磁性膜4の結晶配向性を向上させる効果が不十分と

なる。また含有率が上記範囲を越えると、非磁性中間膜8が磁化されやすくなり、磁気記録媒体の磁気特性が悪化する。非磁性中間膜8は、厚すぎると垂直磁性膜4と軟磁性下地膜2との距離が大きくなることにより分解能が低下しノイズ特性が悪化するため、20nm以下とするのが好ましく、10nm以下とするのがより好ましい。非磁性中間膜8を設けることによって、垂直磁性膜4の配向性を向上させ、保磁力を高め、優れた出力特性を得ることができる。

【0046】図9は、本発明の磁気記録媒体の第5の実施形態を示すものである。この磁気記録媒体では、非磁性基板1と軟磁性下地膜2との間に、面内磁気異方性を有する硬磁性材料からなる面内硬磁性膜9と、面内下地膜10とが設けられている点で、上記第1の実施形態の磁気記録媒体と異なる。面内硬磁性膜9に用いられる材料としては、CoCr合金、特にCoCrPtX(Xは、B、Ta、Cu、Zr、Nb、Re、Ni、Mn、Ge、Si、O、Nのうちから選ばれる1種または2種以上)を主成分とするものを用いることができる。CoCrPtXとしては、CoCrPtB、CoCrPtTa、CoCrPtBCuを用いるのが好ましい。面内硬磁性膜9の材料としては、遷移金属と希土類元素との合金からなる磁性材料、例えばCoSm合金、CoPr合金を挙げることもできる。面内硬磁性膜9は、保磁力Hcが500(Oe)以上(好ましくは1000(Oe)以上)であることが好ましい。面内硬磁性膜9の厚さは、20~150nm(好ましくは40~70nm)とするのが好ましい。面内硬磁性膜9は、軟磁性下地膜2が基板半径方向の磁壁を形成しないようにするため、基板中心から放射状の方向に磁化され、硬磁性膜と軟磁性下地膜2が交換結合していることが好ましい。面内下地膜10は、硬磁性膜9の直下に設けられ、その材料としては、CrまたはCr合金を挙げることもできる。面内下地膜10に用いられるCr合金の例としては、CrMo系、CrTi系、CrW系、CrMo系、CrV系、CrSi系、CrNb系の合金を挙げることもできる。

【0047】面内硬磁性膜9を設けることによって、軟磁性下地膜2が形成する巨大な磁区によるスパイクノイズの発生を防ぐことができ、エラーレート特性に優れ、高密度記録が可能な磁気記録媒体を得ることができる。これは、以下の理由による。軟磁性下地膜2は、保磁力が小さく磁化の方向が変わりやすいため、基板1の面内方向に巨大な磁区を形成する。この軟磁性下地膜2中の磁区の境界である磁壁は、スパイクノイズ発生の原因となり、磁気記録媒体のエラーレートを低下させる要因となることがある。面内硬磁性膜9を軟磁性下地膜2と基板1との間に設けることにより、硬磁性膜9と軟磁性下地膜2との間の交換結合によって軟磁性下地膜2の磁化方向を強制的に基板1半径方向に向け、上記巨大磁区が形成されないようにすることができる。このため、ス



バイクノイズ発生を防ぐことができる。

【0048】図10は、本発明の磁気記録媒体の第6の実施形態を示すものである。この磁気記録媒体では、非磁性基板1と面内下地膜10との間に、シード膜11が設けられている点で図9に示す磁気記録媒体と異なる。シード膜11は、直上に形成される面内下地膜10の結晶配向性を高め、かつ結晶粒を微細化するためのもので、その材料としては、NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTiのうちの1種または2種以上を主成分とするものが使用できる。本実施形態では、シード膜11を設けることによって、面内硬磁性膜9の結晶配向性を高め、磁気異方性を向上させ、媒体ノイズをさらに低く抑えることができる。

【0049】図11は、本発明の磁気記録媒体の第7の実施形態を示すものである。ここに示す磁気記録媒体では、垂直磁性膜4と保護膜5との間に、磁化安定膜12が設けられている点で図1に示す磁気記録媒体と異なる。磁化安定膜12の材料としては、軟磁性下地膜2に用い得る材料として例示したものを使用できる。磁化安定膜12の保磁力 $H_c$ は200(Oe)以下(好ましくは50(Oe)以下)とするのが好ましい。磁化安定膜12の飽和磁束密度 $B_s$ は、0.4T以上(好ましくは1T以上)とするのが好ましい。また、磁化安定膜12の飽和磁束密度膜厚積 $B_s \cdot t$ は7.2T・nm以下であることが好ましい。この $B_s \cdot t$ が上記範囲を越えると再生出力が低下する。磁化安定膜12は、表面(保護膜5側または垂直磁性膜4側の面)およびその近傍(表面から所定の深さの領域)において、構成材料が部分的または全体的に酸化した構成とすることができる。

【0050】本実施形態では、磁化安定膜12を設けることによって、垂直磁性膜4の表面における磁化の揺らぎを抑えることができる。このため、漏れ磁束が揺らぎの影響を受けなくなり、再生出力が増加する。また磁化安定膜12が設けられていることにより、垂直磁性膜4の垂直方向の磁化と、軟磁性下地膜2および磁化安定膜12の面内方向の磁化が、閉回路を形成するようになる。この作用により、垂直磁性膜4の磁化がより強固に固定されるため、熱揺らぎ耐性が向上する。また磁化安定膜12の表面が酸化した構成とする場合には、磁化安定膜12の表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるため、この磁気的な揺らぎに起因するノイズを低減し、磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。

【0051】図12は、本発明に係る磁気記録再生装置の一例を示す断面構成図である。この図に示す磁気記録再生装置は、上記構成の磁気記録媒体30と、この磁気記録媒体30を回転駆動させる媒体駆動部31と、磁気記録媒体30に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッド32と、磁気ヘッド32を駆動させるヘッド駆動部33

と、記録再生信号処理系34とを備えている。記録再生信号系34は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド32に送ったり、磁気ヘッド32からの再生信号を処理してデータを出力することができるようになっている。

【0052】磁気ヘッド32としては、単磁極ヘッドを用いることができる。図13は、単磁極ヘッドの一例を示すもので、単磁極ヘッド32は、磁極35と、コイル36とから概略構成されている。磁極35は、幅の狭い主磁極37と幅広の補助磁極38とを有する側面視略コ字状に形成され、主磁極37は、記録時に垂直磁性膜4に印加される磁界を発生し、再生時に垂直磁性膜4からの磁束を検出することができるようになっている。

【0053】単磁極ヘッド32を用いて、磁気記録媒体30への記録を行う際には、主磁極37の先端から発生された磁束が、垂直磁性膜4を、基板1に対し垂直な方向に磁化させる。この際、磁気記録媒体30には軟磁性下地膜2が設けられているため、単磁極ヘッド32の主磁極37からの磁束は、垂直磁性膜4、軟磁性下地膜2を通じて補助磁極38へと導かれ、閉磁路を形成する。この閉磁路が単磁極ヘッド32と磁気記録媒体30との間に形成されることにより、磁束の出入りの効率が増し、高密度の記録再生が可能になる。なお、軟磁性下地膜2と補助磁極38との間の磁束は、主磁極37と軟磁性下地膜2との間の磁束に対し逆向きになるが、補助磁極38の面積は主磁極37に比べて十分に広いので、補助磁極38からの磁束密度は十分に小さくなり、この補助磁極38からの磁束により垂直磁性膜4の磁化に影響を受けることはない。また本発明では、磁気ヘッドとして、単磁極ヘッド以外のもの、例えば再生部に巨大磁気抵抗(GMR)素子を備えた複合型薄膜磁気記録ヘッドを用いることもできる。

【0054】本実施形態の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体30の配向制御膜3がhcp構造またはfcc構造を有し、かつ(0002)配向面または(111)配向面の $\Delta\theta_{50}$ が、3~10度とされ、 $\Delta\theta_{50}$ 差が1~8度とされているので、上述の通り、磁気特性(出力特性、ノイズ特性、記録再生特性など)の向上を図り、しかも熱揺らぎ特性の劣化を防ぐことができる。したがって、高記録密度化が可能となる。

【0055】

【実施例】以下、実施例を示して本発明の作用効果を明確にする。

(実施例1) 洗浄済みのガラス基板1(オハラ社製、外径2.5インチ)をDCマグネトロンスパッタ装置(アネルバ社製C-3010)の成膜チャンパ内に収容し、到達真空度 $1 \times 10^{-5}$ Paとなるまで成膜チャンパ内を排気した後、このガラス基板1上に、92Co4Ta4Zrからなる軟磁性下地膜2(厚さ150nm)を形成した。次いで、軟磁性下地膜2上に、Ruからなる配

向制御膜3(厚さ20nm)、65Co17Cr16Pt2Bからなる垂直磁性膜4(厚さ25nm)を形成した。上記各膜を形成する際には、プロセスガスとしてアルゴンを用い、ガス圧力は0.5Paに設定した。また成膜時の温度条件は200℃とした。次いで、垂直磁性膜4上にCVD法を用いてカーボンからなる保護膜5を形成した。次いで、ディップコーティング法によりパーフルオロポリエーテルからなる潤滑膜6を形成し、磁気記録媒体を得た(表1を参照)。なお上記合金材料の記載において、aAbBは、a(at%)A-b(at%)Bを示す。例えば65Co17Cr16Pt2Bは、65at%Co-17at%Cr-16at%Pt-2at%B(Co含有率65at%、Cr含有率17at%、Pt含有率16at%、B含有率2at%)を意味する。

【0056】(実施例2～5)配向制御膜3および垂直磁性膜4を形成する際に、温度、プロセスガス圧力、成膜レート、ターゲット-基板間距離を調節することによって、 $\Delta\theta 50$ を変化させて磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例1に準じて定めた(表1を参照)。

【0057】(実施例6、7)配向制御膜3の材料および厚さを表1に示す通りとして磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例1に準じて定めた(表1を参照)。

【0058】(実施例8、9)軟磁性下地膜2と配向制御膜3との間に配向制御下地膜7を設けて磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例1に準じて定めた(表1を参照)。

【0059】(実施例10～14)配向制御膜3の材料および厚さを表1に示す通りとして磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例1に準じて定めた(表1を参照)。

【0060】(比較例1～3)配向制御膜3の材料および厚さを表1に示す通りとして磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例1に準じて定めた(表1を参照)。

【0061】(実施例15～17)配向制御膜3の材料および厚さを表2に示す通りとして磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例1に準じて定めた(表2を参照)。

【0062】(実施例18)軟磁性下地膜2と配向制御膜3との間に配向制御下地膜7を設けて磁気記録媒体を作製した。配向制御膜3にはNiを用いた。その他の条件は実施例15に準じて定めた(表2を参照)。

【0063】(実施例19～21)配向制御膜3の材料および厚さを表2に示す通りとして磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例15に準じて定めた(表2を参照)。

【0064】(比較例4、5)配向制御膜3および垂直磁性膜4を形成する際に、温度、プロセスガス圧力、成

膜レート、ターゲット-基板間距離を調節することによって $\Delta\theta 50$ を変化させて磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例15に準じて定めた(表2を参照)。

【0065】(実施例22～25)配向制御膜3および垂直磁性膜4を形成する際に、温度、プロセスガス圧力、成膜レート、ターゲット-基板間距離を調節することによって $\Delta\theta 50$ を変化させて磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例15に準じて定めた(表3を参照)。

【0066】(実施例26～33)軟磁性下地膜2の材料および厚さを表4に示す通りとして磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例1に準じて定めた(表4を参照)。

【0067】(実施例34～37)非磁性基板1と軟磁性下地膜2との間に、シード膜11、面内下地膜10、面内硬磁性膜9を設け、軟磁性下地膜2の材料に表5に示すものを用いて、磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例1に準じて定めた(表5を参照)。

【0068】(実施例38)非磁性基板1と軟磁性下地膜2との間に、面内下地膜10、面内硬磁性膜9を設けて磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例1に準じて定めた(表5を参照)。

【0069】(実施例39～46)垂直磁性膜4の材料および厚さを表6に示す通りとして磁気記録媒体を作製した。その他の条件は実施例1に準じて定めた(表6を参照)。

【0070】(実施例47～50)軟磁性下地膜2の表面を酸素含有ガス(曝露ガス)に曝すことによって、軟磁性下地膜2に酸化処理を施すこと以外は実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した。曝露ガスとしては、純酸素(100%O<sub>2</sub>)、または酸素アルゴン混合ガス(混合比:50vol%O<sub>2</sub>-50vol%Ar)を用いた。この磁気記録媒体の構成、および上記曝露によって軟磁性下地膜2の表面に形成された酸化層の厚さを表7に示す。

【0071】(実施例51)軟磁性下地膜2を形成する際に、プロセスガス(成膜ガス)として、Ar(100%)を用い、次いで酸素アルゴン混合ガス(混合比:10vol%O<sub>2</sub>-90vol%Ar)を用いること以外は実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した(表7を参照)。酸素アルゴン混合ガスの使用によって、軟磁性下地膜2の表面付近に酸化層が形成された。この酸化層の厚さを表7に併せて示す。

【0072】(実施例52～59)非磁性中間膜8を設けること以外は実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した(表8を参照)。

【0073】(実施例60～64)磁化安定膜12を設けること以外は実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した(表9を参照)。

【0074】各磁気記録媒体の配向制御膜3および垂直

磁性膜4の $\Delta\theta_{50}$ をX線回折法により測定した。この $\Delta\theta_{50}$ は、hcp構造を有する材料からなる膜では(0002)配向面に関して測定し、fcc構造を有する材料からなる膜では(111)配向面に関して測定した。また各磁気記録媒体の磁気特性をGUZIK社製リードライトアナライザRWA1632、およびスピンスランドS1701MP、振動式磁気特性測定装置(VSM)、Kerr効果測定装置を用いて測定した。磁気特性の評価には、磁気ヘッドとして単磁極ヘッドを用い、線記録密度600kFCI(再生時)にて測定を行った。熱揺\*10

\*らぎ耐性の評価は、基板を70℃に加熱して線記録密度50kFCIにて書き込みをおこなった後、書き込み後1秒後の再生出力に対する出力の低下率(%/decade)を、 $(S_o - S) \times 100 / (S_o \times 3)$ に基づいて算出した。この式において、 $S_o$ は磁気記録媒体に信号記録後1秒経過時の再生出力を示し、 $S$ は1000秒後の再生出力を示す。試験結果を表1~9に示す。

【0075】

【表1】

	軟磁性下地膜			配向制御下地膜		配向制御膜			垂直 磁性膜	$\Delta\theta_{50}$ (ori)	$\Delta\theta_{50}$ (mag)	$\Delta\theta_{50}$ 差(*2)	記録再 生特性 I <sub>5</sub> -I <sub>10</sub> -X	熱揺ら ぎ耐性 (%/de- cade)
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ	組成	厚さ	結晶 構造						
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ru	20	hcp	(*)3	6.6	8.8	2.2	-6.1	0.65
実施例2	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ru	20	hcp	(*)3	3.4	6.9	3.5	-6.1	0.57
実施例3	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ru	20	hcp	(*)3	9.2	11.6	2.4	-6.4	0.78
実施例4	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ru	20	hcp	(*)3	8.0	9.2	1.2	-6.0	0.58
実施例5	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ru	20	hcp	(*)3	5.2	12.8	7.6	-6.1	0.91
実施例6	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	70Ru30Cr	30	hcp	(*)3	5.4	8.9	3.5	-6.2	0.70
実施例7	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Re	30	hcp	(*)3	4.7	5.2	0.5	-5.7	0.62
実施例8	92Co4Ta4Zr	150	1.3	NiAl	8	Ru	20	hcp	(*)3	8.9	11.5	2.6	-6.3	0.78
実施例9	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ti(*)1	20	Ru	20	hcp	(*)3	5.8	7.2	1.4	-6.1	0.55
実施例10	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	25Ag75Ge	25	hcp	(*)3	7.2	9.8	2.6	-6.3	0.80
実施例11	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	50Cu50Ge	25	hcp	(*)3	5.8	9.9	4.1	-6.0	0.60
実施例12	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	75Ru25Nb	25	hcp	(*)3	6.7	7.9	1.2	-5.8	0.50
実施例13	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	70Ru-30(SiO <sub>2</sub> )	25	hcp	(*)3	6.8	9.9	3.1	-6.2	0.76
実施例14	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Re-20(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	25	hcp	(*)3	7.5	8.9	1.4	-5.9	0.65
比較例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Re	30	hcp	(*)3	10.8	14.6	3.8	-5.9	1.36
比較例2	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	25Ag75Ge	25	hcp	(*)3	7.8	7.9	0.1	-5.2	0.54
比較例3	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ti	30	hcp	(*)3	2.4	3.6	1.2	-4.8	0.50

\*1: 配向制御下地膜の $\Delta\theta_{50}$ は4.1度\*2:  $\Delta\theta_{50}$ 差;  $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ 

\*3: 組成: 65Co17Cr16Pt2B, 厚さ: 25nm

(厚さの単位はnm)

【0076】

※ ※ 【表2】

	軟磁性下地膜			配向制御下地膜		配向制御膜			垂直 磁性膜	$\Delta\theta_{50}$ (ori)	$\Delta\theta_{50}$ (mag)	$\Delta\theta_{50}$ 差	記録再 生特性 I <sub>5</sub> -I <sub>10</sub> -X	熱揺ら ぎ耐性 (%/de- cade)
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ	組成	厚さ	結晶 構造						
実施例15	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Ni20Cr	20	fcc	(*)1	6.8	9.7	2.9	-5.8	0.69
実施例16	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Ni20Cr	20	fcc	(*)1	3.5	10	6.5	-5.8	0.72
実施例17	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Ni20Cr	20	fcc	(*)1	6.0	7.4	1.4	-5.7	0.74
実施例18	92Co4Ta4Zr	150	1.3	NiAl	8	Ni	15	fcc	(*)1	7.5	10.3	2.8	-6.1	0.69
実施例19	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	70Au-30(SiO <sub>2</sub> )	25	fcc	(*)1	6.1	9.7	3.6	-6.3	0.66
実施例20	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Cu	15	fcc	(*)1	5.2	9.9	4.7	-5.8	0.62
実施例21	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Pd20B	15	fcc	(*)1	9.5	15.1	5.6	-5.9	0.71
比較例4	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Ni20Cr	20	fcc	(*)1	10.6	13.2	2.6	-5.9	1.36
比較例5	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Ni20Cr	20	fcc	(*)1	2.8	3.8	1.0	-4.1	0.69

\*1: 組成: 65Co17Cr16Pt2B, 厚さ: 25nm

(厚さの単位はnm)

【0077】

50 【表3】

	軟磁性下地膜			配向制御膜			垂直磁性膜		$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差	記録再 生特性 I <sub>5</sub> -I <sub>10</sub> -X	熱揺ら ぎ両性 (%/de- cade)
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ	結晶 構造	組成	厚さ	(度)	(度)	(度)		
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	80Ni20Cr	20	fcc	65Co17Cr16Pt2B	25	6.6	8.8	2.2	-6.1	0.65
実施例22	92Co4Ta4Zr	150	1.3	80Ni20Cr	20	fcc	65Co17Cr16Pt2B	25	7.4	5.8	-1.6	-5.7	0.72
実施例23	92Co4Ta4Zr	150	1.3	80Ni20Cr	20	fcc	65Co17Cr16Pt2B	25	7.3	4.6	-2.7	-4.3	0.47
実施例24	92Co4Ta4Zr	150	1.3	80Ni20Cr	20	fcc	65Co17Cr16Pt2B	25	7.1	14.5	7.4	-6.1	0.92
実施例25	92Co4Ta4Zr	150	1.3	80Ni20Cr	20	fcc	65Co17Cr16Pt2B	25	6.8	16.8	10	-5.8	1.62

(厚さの単位はnm)

【0078】

\* \* 【表4】

	軟磁性下地膜			配向制御膜			垂直磁性膜		$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差	記録再 生特性 I <sub>5</sub> -I <sub>10</sub> -X
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ	結晶 構造	組成	厚さ	(度)	(度)	(度)	
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	6.6	8.8	2.2	-6.1
実施例26	88Co4Ta8Zr	150	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.5	8.1	2.6	-6.1
実施例27	85Co7Ta8Zr	150	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.6	8.3	2.7	-5.9
実施例28	92Co4Ta4Zr	20	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.9	8.9	3.0	-4.2
実施例29	92Co4Ta4Zr	40	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	6.3	8.3	2.0	-5.8
実施例30	92Co4Ta4Zr	400	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	6.2	8.4	2.2	-6.1
実施例31	80Fe10Ta10C	150	1.6	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.5	8.1	2.6	-6.1
実施例32	82Fe6Zr12N	150	1.7	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.6	8.5	2.9	-6.3
実施例33	78Fe22(Al2O3)	150	1.4	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.7	8.3	2.6	-6.2

(厚さの単位はnm)

【0079】

※30※ 【表5】

	シット膜		面内下地膜		面内硬磁性膜		軟磁性下地膜			配向 制御膜		垂直 磁性膜	$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差	記録再 生特性 I <sub>5</sub> -I <sub>10</sub> -X
	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ		(度)	(度)	(度)	
実施例1	-	-	-	-	-	-	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	6.6	8.8	2.2	-6.1
実施例34	NiAl	50	CrMo	15	Co22Cr12Pt5B	50	88Co4Ta8Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	5.5	8.3	2.8	-6.1
実施例35	NiAl	50	CrMo	15	Co22Cr12Pt5B	20	85Co7Ta8Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	5.6	8.3	2.7	-6.2
実施例36	NiAl	50	CrMo	15	Co22Cr12Pt5B	100	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	6.1	8.4	2.3	-5.9
実施例37	NiAl	50	CrMo	15	Co22Cr12Pt5B	150	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	6.2	8.3	2.1	-5.8
実施例38	-	-	Cr	50	CoSm	50	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	6.2	8.4	2.2	-5.7

※1: 組成: 65Co17Cr16Pt2B, 厚さ: 25nm

(厚さの単位はnm)

【0080】

【表6】

	軟磁性下地膜			配向制御膜		垂直磁性膜		Δθ50 (ori)	Δθ50 (mag)	Δθ50 差	記録再生特性	熱揺らぎ耐性
	組成	厚さ	Bs (T)	組成	厚さ	組成	厚さ	(度)	(度)	(度)	15-レト10-X	(%/decade)
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	65Co17Cr16Pt2B	25	6.6	8.8	2.2	-6.1	0.65
実施例39	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	65Co17Cr16Pt2B	3	6.4	13.1	6.7	-4.9	1.71
実施例40	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	65Co17Cr16Pt2B	8	6.6	12.7	6.1	-5.9	0.98
実施例41	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	65Co17Cr16Pt2B	45	6.5	8.6	2.1	-5.8	0.55
実施例42	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	65Co17Cr16Pt2B	60	6.5	7.7	1.2	-5.1	0.42
実施例43	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	62Co19Cr15Pt3Mn	25	6.8	9.8	3.0	-6.1	0.71
実施例44	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	68Co21Cr6Pt5B	25	6.3	10.3	4.0	-6.3	1.45
実施例45	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	62Co17Cr21Pt	25	6.6	8.4	1.8	-5.6	0.49
実施例46	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	Co/Pd (*1)	15	6.7	10.1	3.4	-5.3	0.36

\*1: Co層とPd層を多数回積層した多層構造膜。

(厚さの単位はnm)

【0081】

\* \* 【表7】

	軟磁性下地膜						配向制御膜		垂直磁性膜	Δθ50 (ori)	Δθ50 (mag)	Δθ50 差	記録再生特性 I/Tレイト10-X
	組成	厚さ	Bs (T)	曝露ガス (アトガス)	酸化処理	酸化膜厚さ	組成	厚さ					
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	—	Ru	20	(*)	6.6	8.8	2.2	-6.1
実施例47	92Co4Ta4Zr	150	1.3	100%O2	曝露	0.5	Ru	20	(*)	7.0	9.3	2.3	-7.1
実施例48	92Co4Ta4Zr	150	1.3	100%O2	曝露	2.5	Ru	20	(*)	7.0	9.1	2.1	-6.9
実施例49	92Co4Ta4Zr	150	1.3	100%O2	曝露	4	Ru	20	(*)	7.5	9.7	2.2	-6.1
実施例50	92Co4Ta4Zr	150	1.3	50%O2-50%Ar	曝露	1	Ru	20	(*)	6.8	8.5	1.7	-6.8
実施例51	92Co4Ta4Zr	150	1.3	10%O2-90%Ar	(*)2	1	Ru	20	(*)	7.8	9.8	2.0	-6.7

\*1: 組成: 65Co17Cr16Pt2B, 厚さ: 25nm

(厚さの単位はnm)

\*2: 軟磁性下地膜形成時に、アトガスとして、100%Arを用いた後、10%O<sub>2</sub>-90%Arを使用した。

【0082】

【表8】

	軟磁性下地膜			配向制御膜		非磁性中間膜		垂直磁性膜	$\Delta\theta 50$ (ori) (度)	$\Delta\theta 50$ (mag) (度)	$\Delta\theta 50$ 差 (度)	記録再生特性 I <sub>3</sub> -レト 10-X	熱揺らぎ特性 (%/de- cade)
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ	組成	厚さ						
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	—	—	(*)	6.6	8.8	2.2	-6.1	0.65
実施例52	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	60Co40Cr	5	(*)	6.4	8.7	2.3	-6.8	0.55
実施例53	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	60Co40Cr	2	(*)	6.3	8.6	2.3	-6.8	0.57
実施例54	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	60Co40Cr	18	(*)	6.5	9.0	2.5	-6.7	0.52
実施例55	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	60Co40Cr	25	(*)	6.5	8.8	2.3	-6.4	0.52
実施例56	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	55Co35Cr10Mn	5	(*)	6.6	8.1	1.5	-6.8	0.56
実施例57	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	52Co33Cr10Pt5B	5	(*)	6.8	8.4	1.6	-6.8	0.55
実施例58	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	70Co30Ru	5	(*)	6.6	8.3	1.7	-7.0	0.58
実施例59	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	60Co30Cr5Ta5B	5	(*)	6.7	9.4	2.7	-6.7	0.54

\*1:組成:65Co17Cr16Pt2B, 厚さ:25nm

(厚さの単位はnm)

【0083】

\* \* [表9]

	軟磁性下地膜			配向制御膜		垂直磁性膜	磁化安定膜		$\Delta\theta 50$ (ori) (度)	$\Delta\theta 50$ (mag) (度)	$\Delta\theta 50$ 差 (度)	記録再生特性 I <sub>3</sub> -レト 10-X	再生 出力 ( $\mu$ V)	熱揺らぎ特性 (%/de- cade)
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ		組成	厚さ						
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	—	—	6.6	8.8	2.2	-6.1	2180	0.65
実施例50	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	92Co4Ta4Zr	3.6	6.8	8.9	2.1	-6.8	2870	0.45
実施例61	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	92Co4Ta4Zr	7.0	6.3	8.6	2.3	-6.8	2350	0.53
実施例62	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	92Co4Ta4Zr	9.6	6.7	8.6	1.9	-6.7	1780	0.84
実施例63	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	85Fe15Zr	3.6	6.5	8.8	2.3	-6.4	2660	0.52
実施例64	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	89Co4Zr7Nb	3.6	6.6	8.5	1.9	-6.8	1720	0.51

\*1:組成:65Co17Cr16Pt2B, 厚さ:25nm

(厚さの単位はnm)

【0084】表1および表2より、 $\Delta\theta 50$ を3～10度の範囲とした実施例では、 $\Delta\theta 50$ をそれ以外の範囲に設定した比較例に比べ、優れた記録再生特性および熱揺らぎ特性が得られたことがわかる。表1ないし表3より、 $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ を1～8度とすることによって、優れた記録再生特性および熱揺らぎ特性が得られたことがわかる。表4より、軟磁性下地膜2のB<sub>s</sub>・tを30T・nm以上とすることによって、優れた記録再生特性が得られたことがわかる。表5より、面内硬磁性膜9を設けることによって、十分な記録再生特性が得られたことがわかる。表6より、垂直磁性膜4の厚さを8～100nmとすることによって、十分な記録再生特性および熱揺らぎ特性が得られたことがわかる。表7より、軟磁性下地膜2への酸化処理によって、記録再生特性を向上させることができたことがわかる。表8より、非磁性中間膜8を設けることによって、記録再生特性および

熱揺らぎ特性を向上させることができたことがわかる。表9より、磁化安定膜12を設けることによって、再生出力を向上させることができたことがわかる。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気記録媒体にあっては、配向制御膜の特定配向面の $\Delta\theta 50$ が3～10度とされ、配向制御膜の $\Delta\theta 50(\text{ori})$ と垂直磁性膜の $\Delta\theta 50(\text{mag})$ との差( $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ )が、1～8度とされているので、出力特性、ノイズ特性、記録再生特性等を悪化させることなく、優れた熱揺らぎ特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示す一部断面図である。

【図2】  $\Delta\theta 50$ の測定方法を説明する説明図である。

【図3】  $\Delta\theta 50$ の測定方法を説明する説明図である。



27

28

【図4】 ロッキング曲線の一例を示すグラフである。

【図5】 履歴曲線の一例を示すグラフである。

【図6】 履歴曲線の他の例を示すグラフである。

【図7】 本発明の磁気記録媒体の第3の実施形態を示す一部断面図である。

【図8】 本発明の磁気記録媒体の第4の実施形態を示す一部断面図である。

【図9】 本発明の磁気記録媒体の第5の実施形態を示す一部断面図である。

【図10】 本発明の磁気記録媒体の第6の実施形態を示す一部断面図である。

\*【図11】 本発明の磁気記録媒体の第7の実施形態を示す一部断面図である。

【図12】 本発明の磁気記録再生装置の一例を示す概略構成図である。

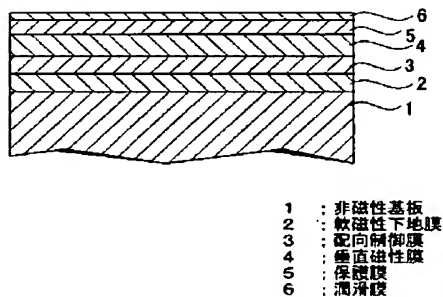
【図13】 図12に示す磁気記録再生装置に使用される磁気ヘッドの一例を示す構成図である。

【符号の説明】

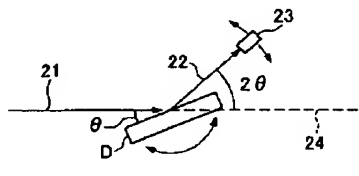
1…非磁性基板、2…軟磁性下地膜、3…配向制御膜、  
4…垂直磁性膜、5…保護膜、30…磁気記録媒体、3  
2…磁気ヘッド

\*

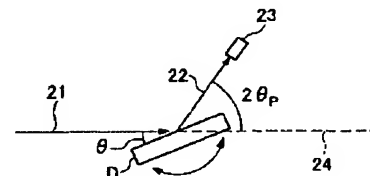
【図1】



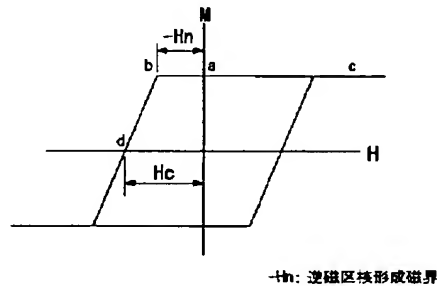
【図2】



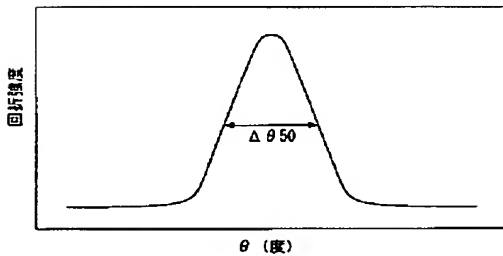
【図3】



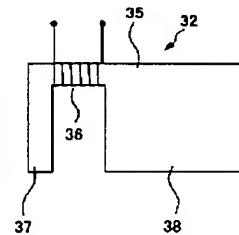
【図5】



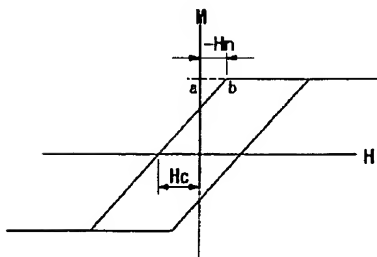
【図4】



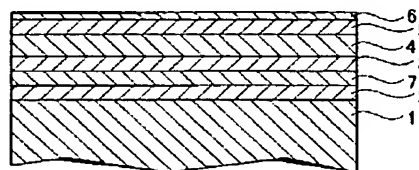
【図13】



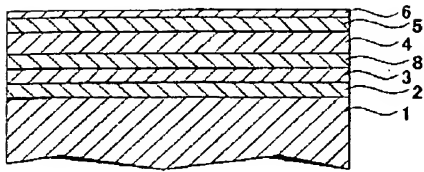
【図6】



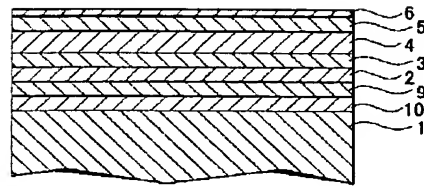
【図7】



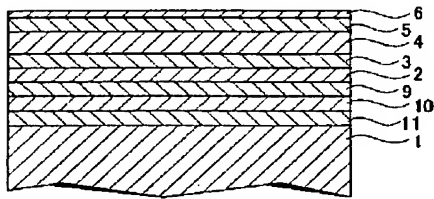
【図8】



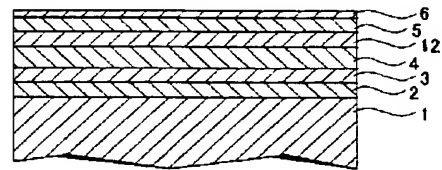
【図9】



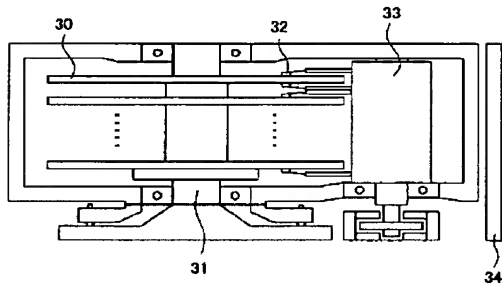
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

H01F 10/28  
10/30

識別記号

F I

H01F 10/28  
10/30

テーマコード (参考)

(72)発明者 坂脇 彰

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内

(72)発明者 望月 寛夫

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内

(72)発明者 酒井 浩志

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内

(72)発明者 及川 壮一

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社  
東芝柳町工場内

(72)発明者 彦坂 和志

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社  
東芝柳町工場内

F ターム (参考) SD006 BB01 BB07 BB08 CA01 CA03  
CA05 CA06 DA03 DA08 EA03  
FA00 FA09  
SD112 AA03 AA04 AA05 AA24 BB01  
BB06 BD03 FA04  
SE049 AA04 AA09 AC05 BA06 CB02  
DB02 DB12

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] The soft-magnetism ground film which consists of soft magnetic materials at least on a nonmagnetic substrate, and the orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, The perpendicular magnetic film in which the easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate, and a protective coat are prepared. an orientation control film It has hcp structure and (0002)  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side is made into 3 – 10 degrees.

$\Delta\theta_{50}$  of an orientation control film (ori), The magnetic-recording medium by which the difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of a perpendicular magnetic film is characterized by considering as 1 – 8 times.

[Claim 2] one sort as which an orientation control film is chosen from from among Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Co, or two sorts or more — more than 50at% — the magnetic-recording medium according to claim 1 characterized by being what contained

[Claim 3] An orientation control film is a magnetic-recording medium according to claim 2 characterized by being a thing containing one sort chosen from from among V, Cr, Mn, Fe, Co, and nickel, or two sorts or more.

[Claim 4] An orientation control film is a magnetic-recording medium according to claim 2 or 3 characterized by being a thing containing one sort chosen from from among B, C, N, O, and P, or two sorts or more.

[Claim 5] An orientation control film is a magnetic-recording medium according to claim 1 characterized by the bird clapper from either among an AgGe system alloy, a CuGe system alloy, and a RuNb system alloy.

[Claim 6] a nonmagnetic interlayer prepares between an orientation control film and a perpendicular magnetic film — having — this nonmagnetic interlayer — Co — 40 – 70at% — the inside of the claims 1–5 characterized by being what consists of included material — a magnetic-recording medium given in any 1 term

[Claim 7] An orientation control film is a magnetic-recording medium given in any 1 term among the claims 1–6 which have granular structure and are characterized by the diameter of average crystal grain being 4–20nm.

[Claim 8] The soft-magnetism ground film which consists of soft magnetic materials at least on a nonmagnetic substrate, and the orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, The perpendicular magnetic film in which the easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate, and a protective coat are prepared. an orientation control film It has fcc structure and (111)  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side is made into 3 – 10 degrees.  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation control film (ori), The magnetic-recording medium by which the difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of a perpendicular magnetic film is characterized by considering as 1 – 8 times.

[Claim 9] one sort as which an orientation control film is chosen from from among nickel, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, and aluminum, or two sorts or more — more than 50at% — the magnetic-recording medium according to claim 8 characterized by being what contained

[Claim 10] An orientation control film is a magnetic-recording medium according to claim 9 characterized by being a thing containing one sort chosen from from among B, C, N, O, P, Cr, and Si, or two sorts or more.

[Claim 11] It is a magnetic-recording medium given in any 1 term among the claims 1–10 characterized by the reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) of a perpendicular

magnetic film being more than 0 (Oe).

[Claim 12] It is a magnetic-recording medium given in any 1 term among the claims 1-11 characterized by preparing the orientation control ground film between a soft-magnetism ground film and an orientation control film.

[Claim 13] An orientation control ground film is a magnetic-recording medium according to claim 12 characterized by being what consists of material which makes a principal component one sort or two sorts or more in Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Hf.

[Claim 14] An orientation control ground film is a magnetic-recording medium according to claim 12 or 13 characterized by being what consists of material which has B-2 structure.

[Claim 15] It is a magnetic-recording medium given in any 1 term among the claims 1-14 characterized by preparing the hard magnetism film within a field which consists of a hard magnetic material which has a magnetic anisotropy within a field between a nonmagnetic substrate and a soft-magnetism ground film.

[Claim 16] The soft-magnetism ground film which consists of soft magnetic materials at least on a nonmagnetic substrate. The orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, the perpendicular magnetic film in which the easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate, and a protective coat. It is the manufacture method of the magnetic-recording medium equipped with the above, and in an orientation control film, it has hcp structure or fcc structure, and  $(0002)$   $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side or  $(111)$  an orientation side is made into 3 – 10 degrees.  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation control film (ori), The difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of a perpendicular magnetic film is characterized by considering as 1 – 8 times.

[Claim 17] A magnetic-recording medium and this magnetic-recording medium are equipped with the magnetic head which carries out record reproduction of the information. a magnetic-recording medium The soft-magnetism ground film which consists of soft magnetic materials at least on a nonmagnetic substrate, and the orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, The perpendicular magnetic film in which the easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate, and a protective coat are prepared. An orientation control film has hcp structure or fcc structure, and  $(0002)$   $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side or  $(111)$  an orientation side is made into 3 – 10 degrees.  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation control film (ori), The magnetic recorder and reproducing device to which the difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of a perpendicular magnetic film is characterized by considering as 1 – 8 times.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to a magnetic-recording medium, its manufacture method, and the magnetic recorder and reproducing device that used this magnetic-recording medium.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the magnetic-recording medium within a field the easy axis in a magnetic film mainly carried out [ the medium ] orientation in parallel to the substrate is used widely. By the magnetic-recording medium within a field, when recording density is raised, a medium noise may increase under the influence of an anti-magnetic field in a record bit boundary. On the other hand, the vertical-magnetic-recording medium in which the easy axis in a magnetic film mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate has the small influence of an anti-magnetic field in a bit boundary, even when high recording density is formed, and since a record magnetic domain with a clear boundary is formed, it attracts big attention from the ability of a heat fluctuation property and noise figure to be raised.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In recent years, the further high recording density-ization of a magnetic-recording medium is demanded, in order to use the single magnetic pole head which is excellent in the write-in capacity over a perpendicular magnetic film, the layer which consists of soft magnetic materials called a backing layer between the perpendicular magnetic films and substrates which are a record layer is prepared, and the magnetic-recording medium which raised the efficiency of receipts and payments of the magnetic flux between a single magnetic pole head and a magnetic-recording medium is proposed. however — the case where a backing layer is prepared — the record reproducing characteristics at the time of record reproduction, heat-resistant demagnetization resistance, and record — there is nothing that can be satisfied in resolution and the magnetic-recording medium excellent in these properties was demanded Making the orientation distribution angle  $\Delta\theta_{50}$  of the c axis of a crystal orientation promotion layer into 7 or less times is proposed by the patent No. 2769511 official report. Moreover, making the orientation distribution angle  $\Delta\theta_{50}$  of the c axis of fcc structure into 10 or less degrees is proposed by JP,6-76260,A. However, it is inadequate for the property improvement of a perpendicular magnetic film just to have made orientation distribution of a crystal orientation promotion layer below into the predetermined angle. Considering initial growth of the perpendicular magnetic film in the interface of a crystal orientation promotion layer and a perpendicular magnetic film, when the difference of the orientation of a crystal orientation promotion layer and a perpendicular magnetic film is small, there is a possibility that the diameter of crystal grain of a magnetic film may become large. Conversely, when the difference of orientation is too large, the amount of [ of a perpendicular magnetic film ] initial growing region becomes thick, and record reproducing characteristics and heat fluctuation resistance get worse. While urging the karyogenesis at the time of perpendicular magnetic-film growth and making crystal grain detailed by making orientation distribution of a crystal orientation promotion layer and a perpendicular magnetic film into a suitable value, the thickness for an initial growing region is stopped and it becomes possible to prevent aggravation of heat fluctuation resistance. this invention was made in view of the above-mentioned situation, and aims at offering the magnetic-recording medium which record reproducing characteristics and heat-resistant demagnetization resistance are raised, and enables high-density record reproduction, its manufacture method, and a magnetic



recorder and reproducing device.

[0004]

[Means for Solving the Problem] The soft-magnetism ground film which consists of soft magnetic materials at least on a nonmagnetic substrate by the magnetic-recording medium of this invention, The orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, and the perpendicular magnetic film in which the easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate, A protective coat is prepared, and an orientation control film has hcp structure, and (0002)  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side is made into 3 – 10 degrees.  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation control film (ori), The difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of a perpendicular magnetic film is characterized by considering as 1 – 8 times. one sort as which an orientation control film is chosen from from among Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Co, or two sorts or more — more than 50at% — it can consider as the composition to contain An orientation control film can be considered as the composition containing one sort chosen from from among V, Cr, Mn, Fe, Co, and nickel, or two sorts or more. An orientation control film can be considered as the composition containing one sort chosen from from among B, C, N, O, and P, or two sorts or more. An orientation control film can be considered as the composition which consists of either among an AgGe system alloy, a CuGe system alloy, and a RuNb system alloy. in this invention, a nonmagnetic interlayer prepares between an orientation control film and a perpendicular magnetic film — having — this nonmagnetic interlayer — Co — 40 – 70at% — the composition which consists of included material is employable An orientation control film has granular structure, and can consider it as the composition whose diameter of average crystal grain is 4–20nm.

[0005] The soft-magnetism ground film with which the magnetic-recording medium of this invention consists of soft magnetic materials at least on a nonmagnetic substrate, The orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, and the perpendicular magnetic film in which the easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate, A protective coat is prepared, and an orientation control film has fcc structure, and (111)  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side is made into 3 – 10 degrees.  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation control film (ori), The difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of a perpendicular magnetic film can consider as the composition made into 1 – 8 times. one sort as which an orientation control film is chosen from from among nickel, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, and aluminum, or two sorts or more — more than 50at% — it can consider as the composition to contain An orientation control film can be considered as the composition containing one sort chosen from from among B, C, N, O, P, Cr, and Si, or two sorts or more. As for the reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) of a perpendicular magnetic film, it is desirable that it is more than 0 (Oe).

[0006] The magnetic-recording medium of this invention can be considered as the composition in which the orientation control ground film is prepared between the soft-magnetism ground film and the orientation control film. An orientation control ground film can constitute one sort or two sorts or more in Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Hf from material made into a principal component. An orientation control ground film can consist of material which has B-2 structure. The magnetic-recording medium of this invention can be considered as the composition in which the hard magnetism film within a field which consists of a hard magnetic material which has a magnetic anisotropy within a field is prepared between the nonmagnetic substrate and the soft-magnetism ground film.

[0007] The soft-magnetism ground film with which the manufacture method of the magnetic-recording medium of this invention consists of soft magnetic materials at least on a nonmagnetic substrate, The orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, and the perpendicular magnetic film in which the easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate, It is the manufacture method of a magnetic-recording medium of preparing a protective coat. an orientation control film It has hcp structure or fcc structure, and (0002)  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side or (111) an orientation side is made into 3 – 10 degrees.  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation control film (ori), The difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of a perpendicular magnetic film is characterized by considering as 1 – 8 times.

[0008] The soft-magnetism ground film with which the magnetic recorder and reproducing device of this invention equips a magnetic-recording medium and this magnetic-recording medium with the magnetic head which carries out record reproduction of the information, and a magnetic-recording medium consists of soft magnetic materials at least on a nonmagnetic substrate, The orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, and the perpendicular

magnetic film in which the easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate, A protective coat is prepared, and an orientation control film has hcp structure or fcc structure, and (0002)  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side or (111) an orientation side is made into 3 – 10 degrees.  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation control film (ori), The difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of a perpendicular magnetic film is characterized by considering as 1 – 8 times. [0009]

[Embodiments of the Invention] The soft-magnetism ground film 2, the orientation control film 3, the perpendicular magnetic film 4, a protective coat 5, and lubricating film 6 are formed on the nonmagnetic substrate 1, and the magnetic-recording medium which drawing 1 shows the 1st operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention, and is shown here is constituted. The aluminium alloy substrate which has the NiP plating film generally used as a substrate for magnetic-recording media as a substrate 1, glass substrates (glass ceramics, tempered glass, etc.), a ceramic substrate, a carbon substrate, a silicon substrate, and a silicon-carbide substrate can be mentioned. Moreover, the substrate which formed the NiP film by plating, the spatter, etc. can be mentioned to these substrates. It is suitable for average-of-roughness-height  $R_a$  of the front face of a substrate 1 to be referred to as 0.01–2nm (preferably 0.05–1.5nm). Adsorption of the magnetic head to a medium and the magnetic-head vibration at the time of record reproduction become it easy to take place that surface average-of-roughness-height  $R_a$  is under this range. Moreover, a glide property will tend to become inadequate if surface average-of-roughness-height  $R_a$  exceeds this range.

[0010] Since the magnetization in the perpendicular magnetic film 4 is more firmly fixed in the direction perpendicular to a substrate 1, the soft-magnetism ground film 2 is formed. as the soft magnetic materials which constitute the soft-magnetism ground film 2 — Fe — more than 60at% — Fe alloy to contain can be used As this material, FeCo system alloys (FeCo, FeCoV, etc.), FeNi system alloys (FeNi, FeNiMo, FeNiCr, FeNiSi, etc.), FeAl system alloys (FeAl, FeAlSi, FeAlSiCr, FeAlSiTiRu, etc.), FeCr system alloys (FeCr, FeCrTi, FeCrCu, etc.), FeTa system alloys (FeTa, FeTaC, etc.), a FeC system alloy, a FeN system alloy, a FeSi system alloy, a FeP system alloy, a FeNb system alloy, and a FeHf system alloy can The soft-magnetism ground film 2 can be made into the structure of having fine crystals, such as FeAlO, FeMgO, FeTaN, and FeZrN. Moreover, a fine crystal can also consider as the composition which has the granular structure distributed in the matrix. the soft-magnetism ground film 2 — Co — more than 80at% — Co alloy which contains and contains at least one or more sorts in Zr, Nb, Ta, Cr, Mo, etc. can be used For example, CoZr, CoZrNb, CoZrTa, CoZrCr, CoZrMo, etc. can be mentioned as a suitable thing. Moreover, the soft-magnetism ground film 2 shall consist of an alloy which has amorphous structure.

[0011] As for the soft-magnetism ground film 2, it is desirable that the saturation magnetic flux density  $B_s$  is more than 0.8T. When saturation magnetic flux density  $B_s$  is smaller than 0.8T, control of a reproduction wave becomes difficult and a noise increases. Moreover, it will be necessary to a film thickly and there is a possibility of causing the fall of productivity. As for the coercive force of the soft-magnetism ground film 2, it is desirable to carry out to below 200 (Oe) (15.8x10<sup>3</sup> A/m). If coercive force exceeds the above-mentioned range, it will become the cause of the increase in a noise.

[0012] The thickness of the soft-magnetism ground film 2 is suitably set up by the saturation magnetic flux density  $B_s$  of the material which constitutes the soft-magnetism ground film 2. That is, it is desirable for  $B_s \cdot t$  which is the product of the saturation magnetic flux density  $B_s$  of the material which constitutes the soft-magnetism ground film 2, and the thickness  $t$  of the soft-magnetism ground film 2 to be 30 or more (preferably 60 or more T·nm) T·nm.

[0013] As for the front face (field by the side of the orientation control film 3) of the soft-magnetism ground film 2, it is desirable that the material which constitutes the soft-magnetism ground film 2 has oxidized partially or completely. As for the thickness of this oxidization portion (oxidizing zone), it is desirable to be referred to as 0.1nm or more less than 3nm. The state where the soft-magnetism ground film 2 oxidized can be checked by the Auger electron spectroscopy, the SIMS method, etc. Moreover, it can ask for the thickness of the oxidization portion (oxidizing zone) of soft-magnetism ground film 2 front face with the transmission-electron-microscope (transverse electromagnetic) photograph of for example, a medium cross section.

[0014] The orientation control film 3 is a film prepared in order to control the stacking tendency and the diameter of crystal grain of the perpendicular magnetic film 4 which are located right above. In the magnetic-recording medium of this operation gestalt, the orientation control film 3 consists of

material which has hcp structure. one sort chosen from among Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Co as a material of the orientation control film 3, or two sorts or more — more than 50at% — it is desirable to use the material to contain It is desirable to use either at least among Ru and Re also especially in inside.

[0015] one sort chosen from among Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Co as this material, or two sorts or more — more than 50at% — the thing containing one sort which contains and is chosen from among V, Cr, Mn, Fe, Co, and nickel, or two sorts or more can also be used RuCr, RuCo, ReV, ZrNi, and RuCrMn can be mentioned as an example. As for the content of V, Cr, Mn, Fe, Co, and nickel, it is desirable in the orientation control film 3 to consider as more than 0.1at% and less than [ 50at% ].

[0016] one sort chosen from among Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Co as a material of the orientation control film 3, or two sorts or more — more than 50at% — the thing containing one sort which contains and is chosen from among B, C, N, O, and P, or two sorts or more can also be used RuB, RuC, ZrN, and ReBO can be mentioned as an example. As for the content of B, C, N, O, and P, it is desirable in the orientation control film 3 to consider as more than 0.1at% and less than [ 50at% ].

[0017] one sort chosen as the orientation control film 3 from among Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Co, or two sorts or more — more than 50at% — the alloy containing one sort which contains and is chosen from among Si oxide, Zr oxide, Ti oxide, and aluminum oxide, or two sorts or more can also be used As an example, Ru-SiO<sub>2</sub>, Ru-ZrO<sub>2</sub>, and Re-aluminum 2O<sub>3</sub> can be mentioned.

Considering as 0.1 – 40at% is suitable for the content of the above-mentioned oxide (one or more sorts among Si oxide, Zr oxide, Ti oxide, and aluminum oxide) in the orientation control film 3.

[0018] The orientation control film 3 can also be considered as the composition which consists of either among an AgGe system alloy, a CuGe system alloy, and a RuNb system alloy. For example, the intermetallic-compound material of hcp structure, such as 25Ag75germanium, 50Cu50germanium, and 75Ru25Nb, can be used.

[0019] Detailed crystal grain can also consider the orientation control film 3 as the composition which has the granular structure distributed in the matrix. As for the mean particle diameter of this crystal grain, it is desirable to be referred to as 4–20nm. A heat fluctuation property falls that this diameter of average crystal grain is under the above-mentioned range, and if the above-mentioned range is exceeded, noise figure will deteriorate. In addition, a heat fluctuation property means the property about the loss of power by heat fluctuation.

[0020] Let  $\Delta\theta_{50}$  of the orientation (0002) side of the orientation control film 3 be the range of 3 – 10 degrees (preferably 4 – 8 times) in the magnetic-recording medium of this operation gestalt. If  $\Delta\theta_{50}$  of the orientation control film 3 is under the above-mentioned range, record reproducing characteristics will deteriorate, and if the above-mentioned range is exceeded, a heat fluctuation property will deteriorate.  $\Delta\theta_{50}$  here shows the inclination distribution of the crystal face of the film concerned, and, specifically, says the full width at half maximum of the locking curve about the specific orientation side in the front face of the orientation control film 3.  $\Delta\theta_{50}$  can be said for the crystal stacking tendency of the film concerned to be high, so that a numeric value is small.

[0021] Hereafter, an example of the method of measuring  $\Delta\theta_{50}$  about the orientation side (0002) of orientation control film 3 front face is explained.

(1) As shown in peak spotting drawing 2, irradiate incidence X-ray 21 at the disk D with which the orientation control film 3 was formed in the front-face side, and diffraction X-ray detector 23 detects diffraction X-ray 22. The position of a detector 23 is set up so that the angle (angle of diffraction X-ray 22 to the extension wire 24 of incidence X-ray 21) to incidence X-ray 21 of diffraction X-ray 22 detected by this detector 23 may become the double precision of the incident angle  $\theta$  of incidence X-ray 21 to a disk D front face, i.e.,  $2\theta$ . In case incidence X-ray 21 is irradiated, while changing the incident angle  $\theta$  of incidence X-ray 21 by changing the sense of Disk D It is made for this to be interlocked with, and the  $\theta$ - $2\theta$  scanning which measures the intensity of diffraction X-ray 22 with a detector 23 is performed, making it change so that the angle of diffraction X-ray [ as opposed to incidence X-ray 21 for the position of a detector 23 ] 22 may maintain  $2\theta$  (namely, angle of the double precision of the incident angle  $\theta$  of incidence X-ray 21). By this, the intensity of diffraction X-ray 22 and a relation with an incident angle  $\theta$  are investigated, and the position of the detector 23 with which the intensity of diffraction X-ray 22 serves as the maximum is determined. Angle  $2\theta$  to incidence X-ray 21 of diffraction X-ray 22 in this detector position is

called  $2\theta$ . From obtained angle  $2\theta$ , the dominant crystal face can be known in orientation control film 3 front face.

[0022] (2) As shown in the decision diagram 3 of a locking curve, where a detector 23 is fixed to the position where angle  $2\theta$  of diffraction X-ray 22 became  $2\theta$ , by changing the sense of Disk D, change the incident angle  $\theta$  of incidence X-ray 21, and create the locking curve which shows the relation between an incident angle  $\theta$  and the intensity of diffraction X-ray 22 detected by the detector 23. Since angle  $2\theta$  of diffraction X-ray 22 fixes the position of a detector 23 to the position used as  $2\theta$ , a locking curve expresses the distribution of an inclination to the Dth page of the disk of the crystal face of orientation control film 3 front face. Drawing 4 shows the example of a locking curve. In  $\Delta\theta_{50}$ , the full width at half maximum which shows the orientation side concerned in this locking curve is said.

[0023] It is suitable for the thickness of the orientation control film 3 to be referred to as 50nm or less (preferably 30nm or less). If this thickness exceeds the above-mentioned range, the particle size of crystal grain will become large within the orientation control film 3, and the magnetic particle in the perpendicular magnetic film 4 will big-and-rough-become easy to turn. Moreover, since the distance of the magnetic head and the soft-magnetism ground film 2 at the time of record reproduction becomes large, the resolution of a regenerative signal falls and noise figure deteriorates, it is not desirable. Since the crystal stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 will deteriorate if too thin, as for the orientation control film 3, it is desirable to form so that it may be thin to 0.1nm or more.

[0024] The perpendicular magnetic film 4 is a magnetic film in which the easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate, and it is desirable to use Co alloy for this perpendicular magnetic film 4. A CoCrPt alloy and a CoPt alloy can be illustrated as a Co alloy. Moreover, the alloy which added at least one sort of elements chosen as these alloys from Ta, Zr, Nb, Cu, Re, Ru, V, nickel, Mn, germanium, Si, B, O, N, etc. can be used. Also let the perpendicular magnetic film 4 be the multilayer structure which could also consider as monolayer structure uniform in the thickness direction, and carried out the laminating of the layer which consists of transition metals (Co, Co alloy), and the layer which consists of noble metals (Pt, Pd, etc.). Co can also be used for a transition-metals layer and Co alloys, such as a CoCrPt system alloy and a CoPt system alloy, can also be used for it.

[0025] Although what is necessary is just to optimize suitably by the reproduction output made into the purpose, since problems, such as aggravation of noise figure and a fall of resolution, tend to arise in being too thick in the case of which [ of a monolayer structured type and a multilayer-structure type ], it is suitable for the thickness of the perpendicular magnetic film 4 to set thickness to 100nm or less (preferably 8-100nm).

[0026] The difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of the perpendicular magnetic film 4 and  $\Delta\theta_{50}(\text{ori})$  of the orientation control film 3 is made into 1 - 8 times (preferably 2 - 6 times). If noise figure gets worse that  $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$  is under the above-mentioned range and the above-mentioned range is exceeded, a heat fluctuation property will deteriorate. In  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of the perpendicular magnetic film 4,  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation (0002) side is said.

[0027] As for the reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) of the perpendicular magnetic film 4, it is desirable to carry out to more than 0 (Oe). Heat fluctuation resistance falls that this reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) is under the above-mentioned range. As shown in drawing 5, a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) is process in which an external magnetic field is decreased in a hysteresis curve (MH curve) from the state (sign c) with which magnetization was saturated, and it can express with the distance (Oe) from the point a that an external magnetic field is set to 0 to the point b that flux reversal starts. A reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) can also be defined as follows. That is, in MH curve, if the intersection of the tangent in the point d that magnetization is set to 0 in process in which an external magnetic field is decreased, and the straight line which shows saturation magnetization is set to b, a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) can be expressed with the distance (Oe) from a Y-axis (M shaft) to Point b. In addition, when a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) has Point b in the field to which an external magnetic field serves as negative, a positive value is taken (see drawing 5), and a negative value is taken when Point b is in the field to which an external magnetic field serves as positive conversely (see drawing 6). In order to remove the influence of the soft-magnetism ground film 2 in measurement of a reverse magnetic-domain

nucleation magnetic field ( $-H_n$ ), it is suitable for it to measure using an oscillating-type magnetic-properties measuring device or a Kerr effect measuring device using the disk which consists only of a substrate 1, the orientation control film 3, a perpendicular magnetic film 4, and a protective coat 5 about this disk. Moreover, a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) can also be measured by the oscillating-type magnetic-properties measuring device or the Kerr effect measuring device, using a magnetic-recording medium as it is.

[0028] A protective coat 5 is for preventing the injury on the front face of a medium, when the magnetic head contacts a medium, while preventing the corrosion of the perpendicular magnetic film 4, and securing the lubricating properties between the magnetic head and a medium, and can use a well-known material conventionally. For example, the material which can also consider as single composition of C, SiO<sub>2</sub>, and ZrO<sub>2</sub>, makes these a principal component, and contains other elements can also be used. As for the thickness of a protective coat 5, it is desirable to consider as the range of 1–10nm.

[0029] Well-known lubricant, such as a perfluoro polyether, fluoridation alcohol, and a fluoridation carboxylic acid, can be used for lubricating film 6. The kind and thickness can be suitably set up according to the property of the protective coat used or lubricant.

[0030] In order to manufacture the magnetic-recording medium of the above-mentioned composition, on the substrate 1 shown in drawing 1, the soft-magnetism ground film 2 is formed by the spatter etc., oxidation treatment is performed to the front face of this soft-magnetism ground film 2 if needed, and, subsequently the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4 are formed by the spatter etc. one by one.

[0031] In case it forms the portion near the \*\*\*\* method and the front face of the soft-magnetism ground film 2 for the soft-magnetism ground film 2 in oxygen content gas after forming the soft-magnetism ground film 2 in performing oxidation treatment to the front face of the soft-magnetism ground film 2, the method of introducing oxygen into process gas can be taken. By scaling of this soft-magnetism ground film 2, the magnetic fluctuation of the front face of the soft-magnetism ground film 2 can be suppressed, and the crystal grain of the orientation control film 3 can be turned minutely, and the improvement effect of noise figure can be acquired. Moreover, by the oxidization portion (oxidizing zone) of soft-magnetism ground film 2 front face, it can stop that the staining substance from the soft-magnetism ground film 2 moves to a medium front face, and generating of the corrosion on the front face of a medium can be prevented.

[0032] In order to set  $\Delta\theta_{50}$  as the above-mentioned range (3 – 10 degrees) in forming the orientation control film 3, the method of optimizing the temperature at the time of forming the orientation control film 3 by the spatter, a process gas pressure, a membrane formation rate, the distance between target-substrates, etc. can be taken. For example, in order to make  $\Delta\theta_{50}$  into the above-mentioned range, it is desirable to make the temperature conditions at the time of forming the orientation control film 3 into 100–300 degrees C. Moreover, as for the pressure of process gas, it is desirable to be referred to as 0.3–20Pa. Moreover, as for a membrane formation rate, considering as 1 – 10 nm/sec is desirable. Moreover, as for the distance between target-substrates, it is desirable to be referred to as 20–150mm. When conditions, such as temperature, a process gas pressure, a membrane formation rate, and distance between target-substrates, exceed under the above-mentioned range or the above-mentioned range,  $\Delta\theta_{50}$  becomes too little or excessive, and noise figure, record reproducing characteristics, a heat fluctuation property, etc. become easy to deteriorate.

[0033] When making the perpendicular magnetic film 4 into monolayer structure (structure uniform in the thickness direction), the perpendicular magnetic film 4 can be formed using the target which consists of material which constitutes this perpendicular magnetic film 4. In making the perpendicular magnetic film 4 into the multilayer structure which consists of a transition-metals layer and a noble-metals layer, it constitutes the perpendicular magnetic film 4 by using by turns the 1st target which consists of transition metals (Co, Co alloy), and the 2nd target which consists of noble metals (Pt, Pd, etc.), and performing sputtering.

[0034] The spatter using the carbon target as the formation method of a protective coat 5 can be used. Moreover, CVD and the ion beam method can also be used. Moreover, the method of forming the protective coat 5 which consists of SiO<sub>2</sub> or ZrO<sub>2</sub> by the reactant spatter using the gas which contains oxygen as process gas etc. is applicable using the target of RF spatter using the target of SiO<sub>2</sub> or ZrO<sub>2</sub> or Si, or Zr. Since it becomes possible to make it thin sharply compared with the protective coat which could form the protective coat 5 with a very high degree of hardness, and was

formed of the spatter in using CVD and the ion beam method, the spacing loss at the time of record reproduction can be made small, and high-density record reproduction can be performed.

Subsequently, lubricating film 6 is formed by the DIP coating method, the spin coat method, etc.

[0035] By the magnetic-recording medium of this operation gestalt, the orientation control film 3 has hcp structure.  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side is made into 3 – 10 degrees. And (0002) the difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of the perpendicular magnetic film 4, and  $\Delta\theta_{50}(\text{ori})$  of the orientation control film 3 Since it makes (to call it  $\Delta\theta_{50}$  difference hereafter) into 1 – 8 times, noise figure, record reproducing characteristics, etc. are raised and the heat fluctuation property of moreover having excelled is acquired. Therefore, high recording density-ization is attained.

[0036] By making  $\Delta\theta_{50}$  of the orientation control film 3 into the above-mentioned range considers below why outstanding magnetic properties are obtained. this invention person found out wholeheartedly that  $\Delta\theta_{50}$  of the orientation control film 3 had big influence on the diameter of a magnetic cluster in the perpendicular magnetic film 4 as a result of examination. That is, when  $\Delta\theta_{50}$  of the orientation control film 3 is too small, in the perpendicular magnetic film 4, the sense of magnetization becomes uniform, and the magnetic combination between magnetic particles becomes large. Consequently, are concerned, there is nothing in the diameter of a magnetic particle, the diameter of a magnetic cluster becomes large, a medium noise increases, and record reproducing characteristics deteriorate. On the other hand, since a crystal stacking tendency deteriorates in the perpendicular magnetic film 4 when  $\Delta\theta_{50}$  of the orientation control film 3 is too large, the fall of a magnetic anisotropy and degradation of a square shape ratio occur, and a heat fluctuation property gets worse. On the other hand, when  $\Delta\theta_{50}$  of the orientation control film 3 is set as 3 – 10 degrees, the stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 is made good, a heat fluctuation property is made good, moreover, the direction of an easy axis is ununiformity-ized to some extent, the interaction of magnetization can be suppressed and the outstanding noise figure and outstanding record reproducing characteristics can be obtained.

[0037] Moreover, although the reason the magnetic properties which were excellent by making  $\Delta\theta_{50}$  difference into 1 – 8 times are obtained is not clear, the guess shown below is possible. When the composition (the crystal structure and lattice constant) of the crystal of the material of the orientation control film 3 and the composition of the crystal of the material of the perpendicular magnetic film 4 are equal or alike,  $\Delta\theta_{50}$  difference between the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4 becomes small. In such a case, since a big difference will be in an atomic array state between the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4, it is thought that the part which may serve as an opportunity of grain boundary formation in these interfaces decreases. For this reason, the grain boundary becomes is hard to be formed in the growth early stages of the perpendicular magnetic film 4, consequently crystal grain becomes uneven and big and rough in the perpendicular magnetic film 4, and it is thought that noise figure deteriorates. On the other hand, when the composition (the crystal structure and lattice constant) of the crystal of material differs greatly between the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4,  $\Delta\theta_{50}$  difference between the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4 becomes very large. in this case, aggravation of output characteristics the crystal which is remarkably inferior in a stacking tendency will be formed by considering as a cause that the crystal structure is confused at the time of initial growth of the perpendicular magnetic film 4, and according to a coercive force fall and resolution — degradation of the record reproducing characteristics by fall etc. becomes easy to take place On the other hand, the composition of the crystal of the material of the orientation control film 3 (the crystal structure and lattice constant), Although the composition of the crystal of the material of the perpendicular magnetic film 4 differs, the difference comes out only. In a certain case namely, when the crystal orientation of the perpendicular magnetic film 4 becomes uneven slightly compared with the orientation control film 3 (to grade from which  $\Delta\theta_{50}$  difference becomes 1 – 8 times) Since the array states of the atom between the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4 differ, it is thought that the part which may serve as an opportunity of grain boundary formation in these interfaces increases. For this reason, in the growth early stages of the perpendicular magnetic film 4, it is urged to formation of the grain boundary, consequently crystal grain becomes uniform and detailed in the perpendicular magnetic film 4, and noise figure becomes good. Furthermore, disorder of crystal orientation can be suppressed to the minimum at the time of initial growth of the perpendicular magnetic film 4, and aggravation of a heat fluctuation property can be prevented. Guess that a heat fluctuation property can be raised is



possible, without degrading noise figure and record reproducing characteristics by making  $\Delta\theta_{50}$  difference into the above-mentioned range for the above reason.

[0038] Moreover, since the soft-magnetism ground film 2 is formed, a magnetic path is formed between the magnetic head and the soft-magnetism ground film 2 at the time of record reproduction, and the efficiency of receipts and payments of the magnetic flux in the magnetic head is increased. For this reason, high-density record reproduction is attained.

[0039] Moreover, the outstanding heat fluctuation property can be acquired, without worsening noise figure, record reproducing characteristics, etc., since according to the manufacture method of the above-mentioned magnetic-recording medium it shall have hcp structure for the orientation control film 3, and  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side shall be 3 – 10 degrees and  $\Delta\theta_{50}$  difference shall be 1 – 8 times. Therefore, high recording density-ization is attained.

[0040] Next, the 2nd operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention is explained using drawing 1. The orientation control film 3 is constituted from the material which has fcc structure by the magnetic-recording medium of this operation gestalt. one sort chosen from among nickel, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, and aluminum as a material of the orientation control film 3 which has fcc structure, or two sorts or more — more than 50at% — it is desirable to use the material to contain As an example of this material, NiCr, nickel, Au-SiO<sub>2</sub>, and Cu and Pd can be mentioned. one sort as which the orientation control film 3 is chosen from among nickel, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, and aluminum, or two sorts or more — more than 50at% — it can also consider as the composition containing one sort which contains and is chosen from among B, C, N, O, P, Cr, and Si, or two sorts or more

[0041] As for the orientation control film 3,  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation (111) side is made into 3 – 10 degrees. Flux reversal becomes it easy to happen that  $\Delta\theta_{50}$  of the orientation control film 3 is under the above-mentioned range, and a heat fluctuation property deteriorates. Moreover, if  $\Delta\theta_{50}$  exceeds the above-mentioned range, degradation of output characteristics or noise figure will be caused.

[0042] The difference ( $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$ ) ( $\Delta\theta_{50}$  difference) of  $\Delta\theta_{50}(\text{mag})$  of the perpendicular magnetic film 4 and  $\Delta\theta_{50}(\text{ori})$  of the orientation control film 3 is made into 1 – 8 times (preferably 2 – 6 times). If noise figure gets worse that  $\Delta\theta_{50}(\text{mag}) - \Delta\theta_{50}(\text{ori})$  is under the above-mentioned range and the above-mentioned range is exceeded, a heat fluctuation property will deteriorate. Moreover, as for the reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) of the perpendicular magnetic film 4, it is desirable to carry out to more than 0 (Oe). Heat fluctuation resistance falls that a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field ( $-H_n$ ) is under the above-mentioned range.

[0043] By the magnetic-recording medium of this operation gestalt, since the orientation control film 3 has fcc structure, and (111)  $\Delta\theta_{50}$  of an orientation side is made into 3 – 10 degrees and  $\Delta\theta_{50}$  difference is made into 1 – 8 times, as above-mentioned, improvement in magnetic properties (output characteristics, noise figure, record reproducing characteristics, etc.) can be aimed at, and, moreover, degradation of a heat fluctuation property can be prevented. Therefore, high recording density-ization is attained.

[0044] Drawing 7 shows the 3rd operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention. By this magnetic-recording medium, it differs from the magnetic-recording medium of the operation gestalt of the above 1st in that the orientation control ground film 7 is formed between the soft-magnetism ground film 2 and the orientation control film 3. The material which makes a principal component one sort or two sorts or more in Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Hf can be used for the orientation control ground film 7. Moreover, the material which has B-2 structure can also be used as a material of the orientation control ground film 7. As a material which has B-2 structure, what makes a principal component one sort or two sorts or more of alloys among NiAl, FeAl, CoFe, CoZr, NiTi, AlCo, AlRu, and CoTi can be used. Moreover, the material which added elements, such as Cr, Mo, Si, Mn, W, Nb, Ti, Zr, B, O, and N, can also be used for this alloy. As for the thickness of the orientation control ground film 7, it is desirable to be referred to as 30nm or less. If this thickness exceeds the above-mentioned range, since the distance of the perpendicular magnetic film 4 and the soft-magnetism ground film 2 becomes large, resolution and noise figure will deteriorate. As for the thickness of the orientation control ground film 7, it is desirable to be referred to as 0.1nm or more.

[0045] Drawing 8 shows the 4th operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention. By this magnetic-recording medium, it differs from the magnetic-recording medium of the operation gestalt of the above 1st in that the nonmagnetic interlayer 8 which consists of a non-magnetic

material is formed between the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4. Co alloy can be used for the nonmagnetic interlayer 8. CoCr can be used as this Co alloy. Moreover, the alloy which added to CoCr one sort or two sorts or more of elements chosen from Ta, Zr, Nb, Cu, Re, Ru, nickel, Mn, germanium, Si, O, N, and B can be used. Moreover, nonmagnetic Co alloy containing one sort or two sorts or more of elements chosen from Ta, Zr, Nb, Cu, Re, Ru, nickel, Mn, germanium, Si, O, N, and B and Co can also be used. As for Co content in Co alloy, considering as 40 – 70at% is desirable. This content becomes inadequate [ the effect of raising the crystal stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 as it is under the above-mentioned range ]. Moreover, if content exceeds the above-mentioned range, the nonmagnetic interlayer 8 will become is easy to be magnetized, and the magnetic properties of a magnetic-recording medium will get worse. Since the distance of the perpendicular magnetic film 4 and the soft-magnetism ground film 2 will be large, resolution will fall by the bird clapper and noise figure will get worse if too thick, as for the nonmagnetic interlayer 8, it is desirable to be referred to as 20nm or less, and it is more desirable to be referred to as 10nm or less. By forming the nonmagnetic interlayer 8, the stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 is raised, coercive force can be heightened and outstanding output characteristics can be obtained.

[0046] Drawing 9 shows the 5th operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention. By this magnetic-recording medium, it differs from the magnetic-recording medium of the operation gestalt of the above 1st in that the hard magnetism film 9 within a field which consists of a hard magnetic material which has a magnetic anisotropy within a field, and the ground film 10 within a field are formed between the nonmagnetic substrate 1 and the soft-magnetism ground film 2. As a used for the hard magnetism film 9 within a field, a CoCr alloy, especially the thing which makes a principal component CoCrPtX (one sort or two sorts or more as which X is chosen from from among B, Ta, Cu, Zr, Nb, Re, nickel, Mn, germanium, Si, O, and N) can be used. As CoCrPtX, it is desirable to use CoCrPtB, CoCrPtTa, and CoCrPtBCu. As a material of the hard magnetism film 9 within a field, the magnetic material which consists of an alloy of transition metals and rare earth elements, for example, a CoSm alloy, and a CoPr alloy can also be mentioned. As for the hard magnetism film 9 within a field, it is desirable that coercive force  $H_c$  is more than 500 (Oe) (preferably more than 1000 (Oe)). thickness of the hard magnetism film 9 within a field is set to 20–150nm (preferably 40–70nm) – it is desirable In order to make it the soft-magnetism ground film 2 not form a substrate radial magnetic domain wall, as for the hard magnetism film 9 within a field, it is desirable that it is magnetized in the direction of a radial from a substrate center, and the hard magnetism film and the soft-magnetism ground film 2 are carrying out switched connection. The ground film 10 within a field is formed directly under the hard magnetism film 9, and can mention Cr or Cr alloy as the material. As an example of Cr alloy used for the ground film 10 within a field, the alloy of a CrMo system, a CrTi system, a CrW system, a CrMo system, a CrV system, a CrSi system, and a CrNb system can be mentioned.

[0047] By forming the hard magnetism film 9 within a field, generating of the spike noise by the huge magnetic domain which the soft-magnetism ground film 2 forms can be prevented, it excels in an error rate property, and a magnetic-recording medium recordable high-density can be obtained. This is based on the following reasons. Since [ that coercive force is small ] the soft-magnetism ground film 2 has the changeable direction of magnetization, it forms a huge magnetic domain in the field inboard of a substrate 1. The magnetic domain wall which is the boundary of the magnetic domain in this soft-magnetism ground film 2 causes spike-noise generating, and has the factor and bird clapper to which the error rate of a magnetic-recording medium is reduced. The magnetization direction of the soft-magnetism ground film 2 is compulsorily turned to substrate 1 radial one, and the switched connection between the hard magnetism film 9 and the soft-magnetism ground film 2 can be prevented from forming the above-mentioned huge magnetic domain by forming the hard magnetism film 9 within a field between the soft-magnetism ground film 2 and a substrate 1. For this reason, spike-noise generating can be prevented.

[0048] Drawing 10 shows the 6th operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention. By this magnetic-recording medium, it differs from the magnetic-recording medium shown in drawing 9 with the point that the seed film 11 is formed between the nonmagnetic substrate 1 and the ground film 10 within a field. The seed film 11 is for raising the crystal stacking tendency of the ground film 10 within a field formed right above, and making crystal grain detailed, and what makes a principal component one sort or two sorts or more in NiAl, FeAl, CoFe, CoZr, NiTi, AlCo, AlRu, and CoTi can be used for it as the material. With this operation gestalt, by forming the seed film 11, the

crystal stacking tendency of the hard magnetism film 9 within a field can be raised, a magnetic anisotropy can be raised, and a medium noise can be stopped still lower.

[0049] Drawing 11 shows the 7th operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention. By the magnetic-recording medium shown here, it differs from the magnetic-recording medium shown in drawing 1 with the point that the magnetization stable film 12 is formed between the perpendicular magnetic film 4 and the protective coat 5. What was illustrated as a material of the magnetization stable film 12 as a material which can be used for the soft-magnetism ground film 2 can be used. As for the coercive force  $H_c$  of the magnetization stable film 12, it is desirable to carry out to below 200 (Oe) (preferably below 50 (Oe)). As for the saturation magnetic flux density  $B_s$  of the magnetization stable film 12, it is desirable to carry out to more than 0.4T (T or more [ Preferably 1 ]). moreover, saturation-magnetic-flux-density thickness product  $B_s \cdot t$  of the magnetization stable film 12 is 7.2 or less T-nm — it is desirable If this  $B_s \cdot t$  exceeds the above-mentioned range, a reproduction output will decline. In a front face (field by the side of a protective coat 5 or the perpendicular magnetic film 4), and its near (field of the depth predetermined [ a front face to ]), a component can consider the magnetization stable film 12 as the composition which oxidized partially or on the whole.

[0050] With this operation gestalt, fluctuation of the magnetization in the front face of the perpendicular magnetic film 4 can be suppressed by forming the magnetization stable film 12. For this reason, leakage flux stops influencing of fluctuation, and a reproduction output increases. Moreover, by forming the magnetization stable film 12, magnetization of the perpendicular direction of the perpendicular magnetic film 4 and magnetization of the field inboard of the soft-magnetism ground film 2 and the magnetization stable film 12 come to form a closed circuit. Since magnetization of the perpendicular magnetic film 4 is more firmly fixed by this operation, heat fluctuation resistance improves by it. Moreover, since the magnetic fluctuation of the front face of the magnetization stable film 12 can be suppressed when considering as the composition in which the front face of the magnetization stable film 12 oxidized, the noise resulting from this magnetic fluctuation can be reduced, and the record reproducing characteristics of a magnetic-recording medium can be improved.

[0051] Drawing 12 is the cross-section block diagram showing an example of the magnetic recorder and reproducing device concerning this invention. The magnetic recorder and reproducing device shown in this drawing is equipped with the medium mechanical component 31 which carries out the rotation drive of the magnetic-recording medium 30 and this magnetic-recording medium 30 of the above-mentioned composition, the magnetic head 32 which performs informational record reproduction to the magnetic-recording medium 30, the head mechanical component 33 which makes the magnetic head 32 drive, and the record regenerative-signal processor 34. The record regenerative-signal system 34 processes the inputted data, a record signal can be sent to the magnetic head 32, or can process the regenerative signal from the magnetic head 32, and can output data now.

[0052] A single magnetic pole head can be used as the magnetic head 32. Drawing 13 shows an example of a single magnetic pole head, and outline composition of the single magnetic pole head 32 is carried out from the magnetic pole 35 and the coil 36. A magnetic pole 35 is formed in the shape of [ which has the main pole 37 with narrow width of face, and the broad auxiliary magnetic pole 38 ] a side view abbreviation KO character, and the main pole 37 can generate the magnetic field impressed to the perpendicular magnetic film 4 at the time of record, and can detect now the magnetic flux from the perpendicular magnetic film 4 at the time of reproduction.

[0053] In case record to the magnetic-recording medium 30 is performed using the single magnetic pole head 32, the magnetic flux emitted from the nose of cam of the main pole 37 makes the perpendicular magnetic film 4 magnetize in the perpendicular direction to a substrate 1. Under the present circumstances, since the soft-magnetism ground film 2 is formed in the magnetic-recording medium 30, the magnetic flux from the main pole 37 of the single magnetic pole head 32 is led to the auxiliary magnetic pole 38 through the perpendicular magnetic film 4 and the soft-magnetism ground film 2, and forms a closed magnetic circuit. By forming this closed magnetic circuit between the single magnetic pole head 32 and the magnetic-recording medium 30, the increase of the efficiency of receipts and payments of magnetic flux and high-density record reproduction are attained. In addition, although the magnetic flux between the soft-magnetism ground film 2 and the auxiliary magnetic pole 38 becomes a retrose to the magnetic flux between the main pole 37 and the soft-magnetism ground film 2, the area of the auxiliary magnetic pole 38 is fully latus compared with the main pole 37, the

density from the auxiliary magnetic pole 38 becomes small enough, and magnetization of the perpendicular magnetic film 4 is not influenced by the magnetic flux from this auxiliary magnetic pole 38. Moreover, in this invention, the compound-die thin film magnetic-recording head which equipped with the huge magnetic-reluctance (GMR) element, the things, for example, the reproduction section, other than a single magnetic pole head, can also be used as the magnetic head.

[0054] As for the magnetic recorder and reproducing device of this operation gestalt, the orientation control film 3 of the magnetic-recording medium 30 has hcp structure or fcc structure. And (0002) since  $\Delta\theta$  of an orientation side or (111) an orientation side is made into 3 – 10 degrees and  $\Delta\theta$  difference is made into 1 – 8 times, as above-mentioned, improvement in magnetic properties (output characteristics, noise figure, record reproducing characteristics, etc.) can be aimed at, and, moreover, degradation of a heat fluctuation property can be prevented. Therefore, high recording density-ization is attained.

[0055]

[Example] Hereafter, an example is shown and the operation effect of this invention is clarified. (Example 1) The glass substrate [ finishing / washing ] 1 (made in Ohara, outer diameter of 2.5 inches) was held in the membrane formation chamber of DC magnetron-sputtering equipment (product C-3010 made from Anelva), and after exhausting the inside of a membrane formation chamber until it was set to -5 Pa, the soft-magnetism ground film 2 (150nm in thickness) which consists of 92Co4Ta4Zr was formed on this ultimate-vacuum 1x10 glass substrate 1. Subsequently, the orientation control film 3 (20nm in thickness) which consists of Ru, and the perpendicular magnetic film 4 (25nm in thickness) which consists of a 65Co17Cr16Pt2B were formed on the soft-magnetism ground film 2. When forming each above-mentioned film, gas pressure was set as 0.5Pa, using an argon as process gas. Moreover, the temperature conditions at the time of membrane formation were made into 200 degrees C. Subsequently, the protective coat 5 which uses CVD and consists of carbon was formed on the perpendicular magnetic film 4. Subsequently, the lubricating film 6 which consists of a perfluoro polyether by the DIP coating method was formed, and the magnetic-recording medium was obtained (see Table 1). In addition, in the publication of the above-mentioned charge of an alloy, aAbB shows a(at%) A-b(at%) B. For example, 65Co(es)17Cr16Pt2B means 65at% Co-17at%Cr-16at%Pt-2at%B (Co content 65at% and Cr content 17at% and Pt content 16at% and B content 2at%).

[0056] (Examples 2-5) When forming the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4, by adjusting temperature, a process gas pressure, a membrane formation rate, and the distance between target-substrates,  $\Delta\theta$  was changed and the magnetic-recording medium was produced. Other conditions were defined according to the example 1 (see Table 1).

[0057] (Examples 6 and 7) The magnetic-recording medium was produced [ \*\*\*\*\* ] as the material and thickness of the orientation control film 3 were shown in Table 1. Other conditions were defined according to the example 1 (see Table 1).

[0058] (Examples 8 and 9) The orientation control ground film 7 was formed between the soft-magnetism ground film 2 and the orientation control film 3, and the magnetic-recording medium was produced. Other conditions were defined according to the example 1 (see Table 1).

[0059] (Examples 10-14) The magnetic-recording medium was produced [ \*\*\*\*\* ] as the material and thickness of the orientation control film 3 were shown in Table 1. Other conditions were defined according to the example 1 (see Table 1).

[0060] (Examples 1-3 of comparison) The magnetic-recording medium was produced [ \*\*\*\*\* ] as the material and thickness of the orientation control film 3 were shown in Table 1. Other conditions were defined according to the example 1 (see Table 1).

[0061] (Examples 15-17) The magnetic-recording medium was produced [ \*\*\*\*\* ] as the material and thickness of the orientation control film 3 were shown in Table 2. Other conditions were defined according to the example 1 (see Table 2).

[0062] (Example 18) The orientation control ground film 7 was formed between the soft-magnetism ground film 2 and the orientation control film 3, and the magnetic-recording medium was produced. nickel was used for the orientation control film 3. Other conditions were defined according to the example 15 (see Table 2).

[0063] (Examples 19-21) The magnetic-recording medium was produced [ \*\*\*\*\* ] as the material and thickness of the orientation control film 3 were shown in Table 2. Other conditions were defined according to the example 15 (see Table 2).

[0064] (Examples 4 and 5 of comparison) When forming the orientation control film 3 and the

perpendicular magnetic film 4, by adjusting temperature, a process gas pressure, a membrane formation rate, and the distance between target-substrates,  $\Delta\theta_{50}$  was changed and the magnetic-recording medium was produced. Other conditions were defined according to the example 15 (see Table 2).

[0065] (Examples 22–25) When forming the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4, by adjusting temperature, a process gas pressure, a membrane formation rate, and the distance between target-substrates,  $\Delta\theta_{50}$  was changed and the magnetic-recording medium was produced. Other conditions were defined according to the example 15 (see Table 3).

[0066] (Examples 26–33) The magnetic-recording medium was produced [ \*\*\*\*\* ] as the material and thickness of the soft-magnetism ground film 2 were shown in Table 4. Other conditions were defined according to the example 1 (see Table 4).

[0067] (Examples 34–37) Between the nonmagnetic substrate 1 and the soft-magnetism ground film 2, the seed film 11, the ground film 10 within a field, and the hard magnetism film 9 within a field were formed, and the magnetic-recording medium was produced using what is shown in Table 5 into the material of the soft-magnetism ground film 2. Other conditions were defined according to the example 1 (see Table 5).

[0068] (Example 38) Between the nonmagnetic substrate 1 and the soft-magnetism ground film 2, the ground film 10 within a field and the hard magnetism film 9 within a field were formed, and the magnetic-recording medium was produced. Other conditions were defined according to the example 1 (see Table 5).

[0069] (Examples 39–46) The magnetic-recording medium was produced [ \*\*\*\*\* ] as the material and thickness of the perpendicular magnetic film 4 were shown in Table 6. Other conditions were defined according to the example 1 (see Table 6).

[0070] (Examples 47–50) the front face of the soft-magnetism ground film 2 — oxygen content gas (exposure gas) — \*\*\*\* — by things, the magnetic-recording medium was produced according to the example 1 except performing oxidation treatment on the soft-magnetism ground film 2 As exposure gas, pure oxygen (100%O<sub>2</sub>) or oxygen argon mixed gas (mixing ratio : 50vol% O<sub>2</sub>–50vol% Ar) was used. The thickness of the oxidizing zone formed in the front face of the soft-magnetism ground film 2 of the composition and the above-mentioned exposure of this magnetic-recording medium is shown in Table 7.

[0071] (Example 51) When forming the soft-magnetism ground film 2, according to the example 1, the magnetic-recording medium was produced except using Ar (100%) and subsequently using oxygen argon mixed gas (mixing ratio : 10vol% O<sub>2</sub>–90vol% Ar) as process gas (membrane formation gas), (see Table 7). Of use of oxygen argon mixed gas, the oxidizing zone was formed near the front face of the soft-magnetism ground film 2. The thickness of this oxidizing zone is collectively shown in Table 7.

[0072] (Examples 52–59) According to the example 1, the magnetic-recording medium was produced except forming the nonmagnetic interlayer 8 (see Table 8).

[0073] (Examples 60–64) According to the example 1, the magnetic-recording medium was produced except forming the magnetization stable film 12 (see Table 9).

[0074]  $\Delta\theta_{50}$  of the orientation control film 3 of each magnetic-recording medium and the perpendicular magnetic film 4 was measured with the X-ray diffraction method. By the film which consists of material which has hcp structure, these  $\Delta\theta_{50}$  measured about the orientation side (0002), and measured about the orientation side (111) in the film which consists of material which has fcc structure. Moreover, the magnetic properties of each magnetic-recording medium were measured using the read/write analyzer RWA1632 made from GUZIK and spin stand S1701MP, the oscillating-type magnetic-properties measuring device (VSM), and the Kerr effect measuring device. In evaluation of magnetic properties, it measured in track-recording-density 600kFCI (at the time of reproduction), using a single magnetic pole head as the magnetic head. After evaluation of heat fluctuation resistance heated the substrate at 70 degrees C and wrote in in track-recording-density 50kFCI, it computed the decreasing rate (%/decade) of the output to the reproduction output 1 second after after writing based on  $x(S_o-S)/100/(S_o \times 3)$ . In this formula,  $S_o$  shows the reproduction output at the time of after [ signal record ] 1-second progress to a magnetic-recording medium, and  $S$  shows a reproduction output 1000 seconds after. A test result is shown in Tables 1–9.

[0075]

[Table 1]

	軟磁性下地膜			配向制御下地膜		配向制御膜			垂直 磁性膜	$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差(*2)	記録再 生特性 15- $\mu$ m 10-X	熱揺ら ぎ耐性 (%/de- cade)
	組成	厚 さ	Bs (T)	組成	厚 さ	組成	厚 さ	結晶 構造		(度)	(度)	(度)		
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ru	20	hcp	(*)3	6.6	8.8	2.2	-6.1	0.65
実施例2	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ru	20	hcp	(*)3	3.4	6.9	3.5	-6.1	0.57
実施例3	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ru	20	hcp	(*)3	9.2	11.6	2.4	-6.4	0.78
実施例4	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ru	20	hcp	(*)3	8.0	9.2	1.2	-6.0	0.58
実施例5	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ru	20	hcp	(*)3	5.2	12.8	7.6	-6.1	0.91
実施例6	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	70Ru30Cr	30	hcp	(*)3	5.4	8.9	3.5	-6.2	0.70
実施例7	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Re	30	hcp	(*)3	4.7	5.2	0.5	-5.7	0.62
実施例8	92Co4Ta4Zr	150	1.3	NiAl	8	Ru	20	hcp	(*)3	8.9	11.5	2.6	-6.3	0.78
実施例9	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ti(*)1	20	Ru	20	hcp	(*)3	5.8	7.2	1.4	-6.1	0.55
実施例10	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	25Ag75Ge	25	hcp	(*)3	7.2	9.8	2.6	-6.3	0.80
実施例11	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	50Cu50Ge	25	hcp	(*)3	5.8	9.9	4.1	-6.0	0.60
実施例12	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	75Ru25Nb	25	hcp	(*)3	6.7	7.9	1.2	-5.8	0.50
実施例13	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	70Ru-30(SiO <sub>2</sub> )	25	hcp	(*)3	6.8	9.9	3.1	-6.2	0.76
実施例14	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Re-20(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	25	hcp	(*)3	7.5	8.9	1.4	-5.9	0.65
比較例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Re	30	hcp	(*)3	10.8	14.6	3.8	-5.9	1.36
比較例2	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	25Ag75Ge	25	hcp	(*)3	7.8	7.9	0.1	-5.2	0.54
比較例3	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Ti	30	hcp	(*)3	2.4	3.6	1.2	-4.8	0.50

\*1:配向制御下地膜の $\Delta\theta 50$ は4.1度\*2: $\Delta\theta 50$ 差;  $\Delta\theta 50(\text{mag}) - \Delta\theta 50(\text{ori})$ 

\*3:組成:65Co17Cr16Pt2B, 厚さ:25nm

(厚さの単位はnm)

[0076]

[Table 2]

	軟磁性下地膜			配向制御下地膜		配向制御膜			垂直 磁性膜	$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差	記録再 生特性 15- $\mu$ m 10-X	熱揺ら ぎ耐性 (%/de- cade)
	組成	厚 さ	Bs (T)	組成	厚 さ	組成	厚 さ	結晶 構造		(度)	(度)	(度)		
実施例15	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Ni20Cr	20	fcc	(*)1	6.8	9.7	2.9	-5.8	0.69
実施例16	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Ni20Cr	20	fcc	(*)1	3.5	10	6.5	-5.8	0.72
実施例17	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Ni20Cr	20	fcc	(*)1	6.0	7.4	1.4	-5.7	0.74
実施例18	92Co4Ta4Zr	150	1.3	NiAl	8	Ni	15	fcc	(*)1	7.5	10.3	2.8	-6.1	0.69
実施例19	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	70Au-30(SiO <sub>2</sub> )	25	fcc	(*)1	6.1	9.7	3.6	-6.3	0.66
実施例20	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	Cu	15	fcc	(*)1	5.2	9.9	4.7	-5.8	0.62
実施例21	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Pd20B	15	fcc	(*)1	9.5	15.1	5.6	-5.9	0.71
比較例4	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Ni20Cr	20	fcc	(*)1	10.6	13.2	2.6	-5.9	1.36
比較例5	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	80Ni20Cr	20	fcc	(*)1	2.8	3.8	1.0	-4.1	0.69

\*1:組成:65Co17Cr16Pt2B, 厚さ:25nm

(厚さの単位はnm)

[0077]

[Table 3]



	軟磁性下地膜			配向制御膜			垂直磁性膜		$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差	記録再 生特性 I <sub>5</sub> -I <sub>10</sub> -X	熱揺ら ぎ特性 (%/de- cade)
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ	結晶 構造	組成	厚さ	(度)	(度)	(度)		
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	80Ni20Cr	20	fcc	65Co17Cr16Pt2B	25	6.6	8.8	2.2	-6.1	0.65
実施例22	92Co4Ta4Zr	150	1.3	80Ni20Cr	20	fcc	65Co17Cr16Pt2B	25	7.4	5.8	-1.6	-5.7	0.72
実施例23	92Co4Ta4Zr	150	1.3	80Ni20Cr	20	fcc	65Co17Cr16Pt2B	25	7.3	4.6	-2.7	-4.3	0.47
実施例24	92Co4Ta4Zr	150	1.3	80Ni20Cr	20	fcc	65Co17Cr16Pt2B	25	7.1	14.5	7.4	-6.1	0.92
実施例25	92Co4Ta4Zr	150	1.3	80Ni20Cr	20	fcc	65Co17Cr16Pt2B	25	6.8	16.8	10	-5.8	1.62

(厚さの単位はnm)

[0078]

[Table 4]

	軟磁性下地膜			配向制御膜			垂直磁性膜		$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差	記録再 生特性 I <sub>5</sub> -I <sub>10</sub> -X
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ	結晶 構造	組成	厚さ	(度)	(度)	(度)	
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	6.6	8.8	2.2	-6.1
実施例26	88Co4Ta8Zr	150	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.5	8.1	2.6	-6.1
実施例27	85Co7Ta8Zr	150	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.6	8.3	2.7	-5.9
実施例28	92Co4Ta4Zr	20	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.9	8.9	3.0	-4.2
実施例29	92Co4Ta4Zr	40	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	6.3	8.3	2.0	-5.8
実施例30	92Co4Ta4Zr	400	1.3	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	6.2	8.4	2.2	-6.1
実施例31	80Fe10Ta10C	150	1.6	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.5	8.1	2.6	-6.1
実施例32	82Fe6Zr12N	150	1.7	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.6	8.5	2.9	-6.3
実施例33	78Fe22(Al2O3)	150	1.4	Ru	20	hcp	65Co17Cr16Pt2B	25	5.7	8.3	2.6	-6.2

(厚さの単位はnm)

[0079]

[Table 5]

	シット膜		面内下地膜		面内硬磁性膜		軟磁性下地膜			配向制御膜		垂直磁性膜	$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差	記録再 生特性 I <sub>5</sub> -I <sub>10</sub> -X
	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ		(度)	(度)	(度)	
実施例1	—	—	—	—	—	—	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	6.6	8.8	2.2	-6.1
実施例34	NiAl	50	CrMo	15	Co22Cr12Pt5B	50	88Co4Ta8Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	5.5	8.3	2.8	-6.1
実施例35	NiAl	50	CrMo	15	Co22Cr12Pt5B	20	85Co7Ta8Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	5.6	8.3	2.7	-6.2
実施例36	NiAl	50	CrMo	15	Co22Cr12Pt5B	100	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	6.1	8.4	2.3	-5.9
実施例37	NiAl	50	CrMo	15	Co22Cr12Pt5B	150	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	6.2	8.3	2.1	-5.8
実施例38	—	—	Cr	50	CoSm	50	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(*)	6.2	8.4	2.2	-5.7

\*1:組成:65Co17Cr16Pt2B, 厚さ:25nm

(厚さの単位はnm)

[0080]

[Table 6]

	軟磁性下地膜			配向制御膜		垂直磁性膜		$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差	記録再生特性 I <sub>W</sub> -レト 10-X	熱揺らぎ耐性 (%/decade)
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ	組成	厚さ	(度)	(度)	(度)		
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	65Co17Cr16Pt2B	25	6.6	8.8	2.2	-6.1	0.65
実施例39	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	65Co17Cr16Pt2B	3	6.4	13.1	6.7	-4.9	1.71
実施例40	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	65Co17Cr16Pt2B	8	6.6	12.7	6.1	-5.9	0.98
実施例41	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	65Co17Cr16Pt2B	45	6.5	8.6	2.1	-5.8	0.55
実施例42	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	65Co17Cr16Pt2B	60	6.5	7.7	1.2	-5.1	0.42
実施例43	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	62Co19Cr15Pt3Mn	25	6.8	9.8	3.0	-6.1	0.71
実施例44	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	68Co21Cr6Pt5B	25	6.3	10.3	4.0	-6.3	1.45
実施例45	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	62Co17Cr21Pt	25	6.6	8.4	1.8	-5.6	0.49
実施例46	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	Co/Pd (*1)	15	6.7	10.1	3.4	-5.3	0.36

\*1:Co層とPd層を多数回積層した多層構造膜。

(厚さの単位はnm)

[0081]

[Table 7]

	軟磁性下地膜						配向制御膜		垂直磁性膜	$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差	記録再生特性 I <sub>W</sub> -レト 10-X
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	曝露ガス (アトムガス)	酸化処理	酸化膜厚さ	組成	厚さ		(度)	(度)	(度)	
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	—	—	—	Ru	20	(*1)	6.6	8.8	2.2	-6.1
実施例47	92Co4Ta4Zr	150	1.3	100%O <sub>2</sub>	曝露	0.5	Ru	20	(*1)	7.0	9.3	2.3	-7.1
実施例48	92Co4Ta4Zr	150	1.3	100%O <sub>2</sub>	曝露	2.5	Ru	20	(*1)	7.0	9.1	2.1	-6.9
実施例49	92Co4Ta4Zr	150	1.3	100%O <sub>2</sub>	曝露	4	Ru	20	(*1)	7.5	9.7	2.2	-6.1
実施例50	92Co4Ta4Zr	150	1.3	50%O <sub>2</sub> -50%Ar	曝露	1	Ru	20	(*1)	6.8	8.5	1.7	-6.8
実施例51	92Co4Ta4Zr	150	1.3	10%O <sub>2</sub> -90%Ar	(*2)	1	Ru	20	(*1)	7.8	9.8	2.0	-6.7

\*1:組成;65Co17Cr16Pt2B, 厚さ;25nm

(厚さの単位はnm)

\*2:軟磁性下地膜形成時に、アトムガスとして、100%Arを用いた後、10%O<sub>2</sub>-90%Arを使用した。

[0082]

[Table 8]

	軟磁性下地膜			配向制御膜		非磁性中間膜		垂直磁性膜	$\Delta\theta 50$ (ori)	$\Delta\theta 50$ (mag)	$\Delta\theta 50$ 差	記録再生特性 I <sub>5</sub> -レト 10-X	熱揺らぎ耐性 (%/de- cade)
	組成	厚さ	B <sub>s</sub> (T)	組成	厚さ	組成	厚さ		(度)	(度)	(度)		
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	—	—	(*)	6.6	8.8	2.2	-6.1	0.65
実施例52	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	60Co40Cr	5	(*)	6.4	8.7	2.3	-6.8	0.55
実施例53	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	60Co40Cr	2	(*)	6.3	8.6	2.3	-6.8	0.57
実施例54	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	60Co40Cr	18	(*)	6.5	9.0	2.5	-6.7	0.52
実施例55	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	60Co40Cr	25	(*)	6.5	8.8	2.3	-6.4	0.52
実施例56	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	55Co35Cr10Mn	5	(*)	6.6	8.1	1.5	-6.8	0.56
実施例57	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	52Co33Cr10Pt5B	5	(*)	6.8	8.4	1.6	-6.8	0.55
実施例58	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	70Co30Ru	5	(*)	6.6	8.3	1.7	-7.0	0.58
実施例59	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	60Co30Cr5Ta5B	5	(*)	6.7	9.4	2.7	-6.7	0.54

\*1:組成:65Co17Cr16Pt2B, 厚さ:25nm

(厚さの単位は nm)

[0083]

[Table 9]

	軟磁性下地膜			配向 制御膜		垂直 磁性膜	磁化安定膜	Δθ50 (ori) (度)	Δθ50 (mag) (度)	Δθ50 差 (度)	記録再生特性		熱揺らぎ耐性 (%/de- cade)	
	組成	厚さ	Bs (T)	組成	厚さ						I <sub>5</sub> -レ 10-X	再生 出力 (μV)		
実施例1	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	—	6.6	8.8	2.2	-6.1	2180	0.65	
実施例60	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	92Co4Ta4Zr	3.6	6.8	8.9	2.1	-6.8	2870	0.45
実施例61	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	92Co4Ta4Zr	7.0	6.3	8.6	2.3	-6.8	2350	0.53
実施例62	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	92Co4Ta4Zr	9.6	6.7	8.6	1.9	-6.7	1780	0.84
実施例63	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	85Fe15Zr	3.6	6.5	8.8	2.3	-6.4	2660	0.52
実施例64	92Co4Ta4Zr	150	1.3	Ru	20	(※1)	89Co4Zr7Nb	3.6	6.6	8.5	1.9	-6.8	1720	0.51

\*1:組成:65Co17Cr16Pt2B, 厚さ:25nm

(厚さの単位は nm)

[0084] Table 1 and 2 shows that outstanding record reproducing characteristics and the outstanding heat fluctuation property were acquired compared with the example of comparison which set  $\Delta\theta 50$  as the other range in the example which made  $\Delta\theta 50$  the range of 3 – 10 degrees. From Table 1 or 3, by making  $\Delta\theta 50$  (mag)– $\Delta\theta 50$  (ori) into 1 – 8 times shows that outstanding record reproducing characteristics and the outstanding heat fluctuation property were acquired. From Table 4, by making B<sub>s</sub>–t of the soft-magnetism ground film 2 into 30 or more T–nm shows that outstanding record reproducing characteristics were obtained. From Table 5, by forming the hard magnetism film 9 within a field shows that sufficient record reproducing characteristics were obtained. From Table 6, by setting thickness of the perpendicular magnetic film 4 to 8–100nm shows that sufficient record reproducing characteristics and the heat fluctuation property were acquired. From Table 7, oxidation treatment to the soft-magnetism ground film 2 shows that record reproducing characteristics were able to be raised. From Table 8, by forming the nonmagnetic interlayer 8 shows that record reproducing characteristics and the heat fluctuation property were able to be raised. From Table 9, by forming the magnetization stable film 12 shows that the reproduction output was able to be raised.

[0085]

[Effect of the Invention] If it is in the magnetic-recording medium of this invention as explained above Since  $\Delta\theta 50$  of the specific orientation side of an orientation control film is made into 3 – 10 degrees and the difference ( $\Delta\theta 50$  (mag)– $\Delta\theta 50$  (ori)) of  $\Delta\theta 50$  (ori) of an

orientation control film and  $\Delta\theta_{50}$  (mag) of a perpendicular magnetic film is made into 1 – 8 times The outstanding heat fluctuation property can be acquired without worsening output characteristics, noise figure, record reproducing characteristics, etc.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] the 1st operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention is shown — it is a cross section in part

[Drawing 2] It is explanatory drawing explaining the measuring method of  $\Delta\theta$ .

[Drawing 3] It is explanatory drawing explaining the measuring method of  $\Delta\theta$ .

[Drawing 4] It is the graph which shows an example of a locking curve.

[Drawing 5] It is the graph which shows an example of a hysteresis curve.

[Drawing 6] It is the graph which shows other examples of a hysteresis curve.

[Drawing 7] the 3rd operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention is shown — it is a cross section in part

[Drawing 8] the 4th operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention is shown — it is a cross section in part

[Drawing 9] the 5th operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention is shown — it is a cross section in part

[Drawing 10] the 6th operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention is shown — it is a cross section in part

[Drawing 11] the 7th operation gestalt of the magnetic-recording medium of this invention is shown — it is a cross section in part

[Drawing 12] It is the outline block diagram showing an example of the magnetic recorder and reproducing device of this invention.

[Drawing 13] It is the block diagram showing an example of the magnetic head used for the magnetic recorder and reproducing device shown in drawing 12 .

[Description of Notations]

1 [ — An orientation control film, 4 / — A perpendicular magnetic film, 5 / — A protective coat, 30 / — A magnetic-recording medium, 32 / — Magnetic head ] — A nonmagnetic substrate, 2 — A soft-magnetism ground film, 3

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

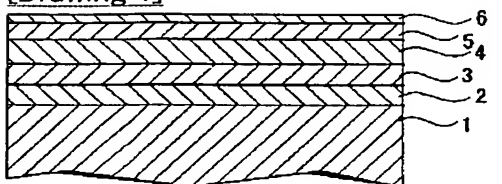
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

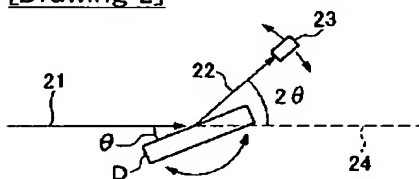
## DRAWINGS

[Drawing 1]

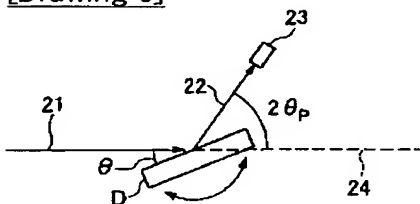


- 1 : 非磁性基板
- 2 : 軟磁性下地膜
- 3 : 配向銅御膜
- 4 : 垂直磁性膜
- 5 : 保護膜
- 6 : 潤滑膜

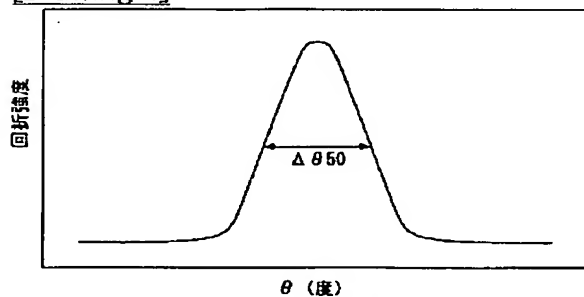
[Drawing 2]



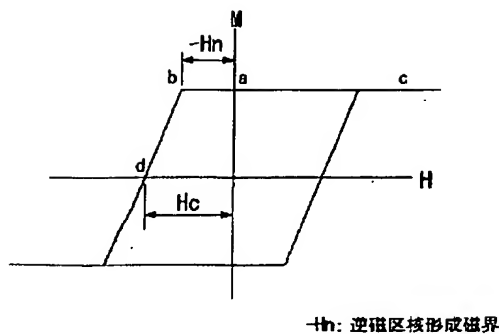
[Drawing 3]



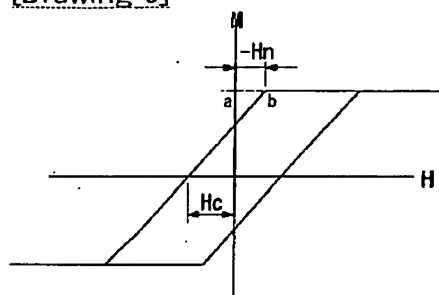
[Drawing 4]



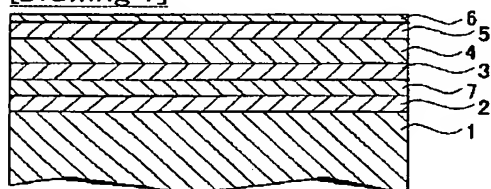
[Drawing 5]



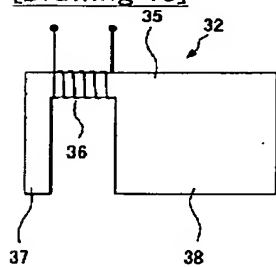
[Drawing 6]



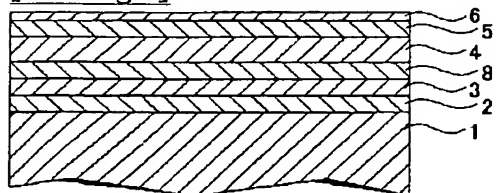
[Drawing 7]



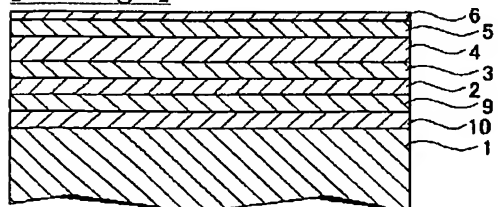
[Drawing 13]



[Drawing 8]

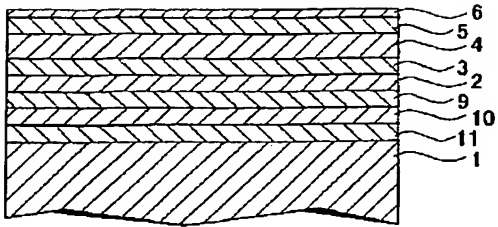


[Drawing 9]

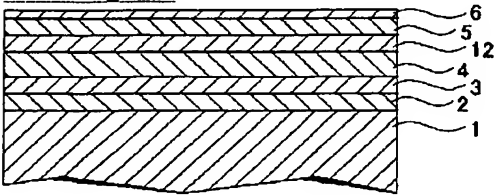


[Drawing 10]

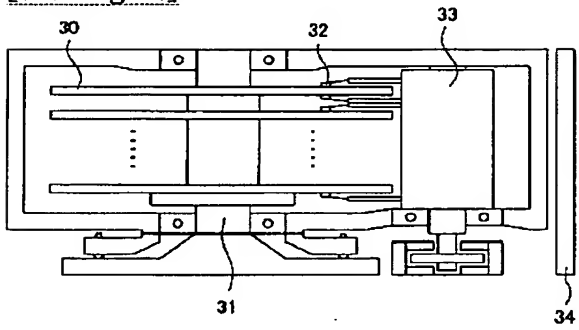




[Drawing 11]



[Drawing 12]



[Translation done.]